# LOGPLAN II : modèle de planification de l'exploitation et de la régénération forestières

R.M. Newnham

Institut forestier national de Petawawa • Rapport d'information PI-X-102F

Forêts Canada Forestry Canada

Canada

## INSTITUT FORESTIER NATIONAL DE PETAWAWA

Le mandat de l'Institut forestier national de Petawawa, comme celui des autres établissements de Forêts Canada, est de promouvoir une meilleure gestion et une utilisation plus rationnelle des ressources forestières du Canada, pour le bien économique et social de tous les Canadiens. Les objectifs des activités des programmes menés à l'Institut appuient ce mandat à travers la découverte, le développement, la démonstration, l'application et le transfert des innovations. En tant qu'institut national, il doit s'attacher à des problèmes qui débordent le cadre régional ou qui nécessitent des compétences particulières de même qu'un équipement non disponible aux installations régionales de Forêts Canada. La plupart du temps, les recherches sont effectuées en étroite collaboration avec le personnel des centres régionaux, des services forestiers des provinces et de l'industrie forestière.

Les travaux de recherche et les services techniques de l'Institut sont regroupés autour de cinq principales activités:

GÉNÉTIQUE FORESTIÈRE ET BIOTECHNOLOGIE — Ce programme encadre des études sur la génétique forestière, la microbiologie, la micropropagation, la génétique moléculaire et la recherche sur les semences. Il comprend également les services à la clientèle et la banque de semences du Centre national de semences forestières. Lié à plusieurs organismes internationaux, ce centre existe depuis longtemps.

SYSTÈMES D'AMÉNAGEMENT FORESTIER — Ce programme intègre en recherche et développement des opérations concernant les incendies de forêt, la télédétection, la météorologie, la modélisation, la croissance, la récolte et le RIMA. Il permet ainsi l'élaboration et la démonstration de systèmes d'aménagement forestier.

STATISTIQUES NATIONALES SUR LES RESSOURCES FORESTIÈRES — Ce programme fournit les renseignements biologiques, techniques et socio-économiques sur les ressources forestières du Canada. Il vise le développement des bases de données et l'établissement de nouveaux logiciels et bases de données pour aider à l'élaboration des politiques forestières. Le Programme d'inventaire forestier recueille l'information sur les forêts au niveau national, maintient le Système sur les ressources forestières canadiennes et prépare l'inventaire des forêts du Canada.

COMMUNICATIONS — Ce programme regroupe les services offerts par la bibliothèque, les travaux touchant la sensibilisation du public, les renseignements, la rédaction-révision et les publications. L'Institut reçoit plus de 20 000 visiteurs chaque année. Le Centre d'accueil, des visites autoguidées et un programme éducatif complet sont ouverts à tous. C'est à l'IFNP que l'on trouve l'entrepôt et le centre de distribution national de toutes les publications scientifiques de Forêts Canada.

LA FORÊT EXPÉRIMENTALE — Outre des peuplements naturels où l'on applique divers traitements dans le cadre des plans de recherche en sylviculture, la Forêt de Petawawa, mesurant 100 $km^2$, comprend de vastes superficies de plantations âgées de plus de 60 ans. Les plantations expérimentales livrent des données sur la croissance et la récolte à la suite des expériences de culture. Elles fournissent aussi du matériel génétique dont le lignage est répertorié et qui se révèlent de plus en plus utiles pour les études sur la micropropagation et la génétique moléculaire. C'est un lieu par excellence pour mettre à l'essai des stratégies d'aménagement forestier à court et à long termes.

# LOGPLAN II : MODÈLE DE PLANIFICATION DE L'EXPLOITATION ET DE LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRES

R.M. Newnham

Rapport d'information PI-X-102F
Institut forestier national de Petawawa
Forêts Canada
1992

92-05247/

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1992
N° de catalogue Fo46-11/102-1992F
ISBN 0-662-97258-9
ISSN 0228-0736
Imprimé au Canada

Il est possible d'obtenir sans frais des exemplaires de cette publication en communiquant avec :

Forêts Canada
Centre national de diffusion des publications
Institut forestier national de Petawawa
Chalk River (Ontario)
K0J 1J0

Téléphone : 613-589-2880

Des copies ou des microfiches de cette publication sont en vente à l'adresse suivante :

Micromédia Ltée
Place du Portage
165, rue Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

This publication is also available in English under the title
**LOGPLAN II: A model for planning logging and regeneration activities.**

**DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT PUBLICATION (CANADA)**

Newnham, R.M.

Logplan II : modèle de planification de l'exploitation et de la régénération forestières

(Rapport d'information ; PI-X-102F)
Publ. aussi en anglais sous le titre: Logplan II, a model for planning logging and regeneration activities.
Comprend un résumé en anglais.
ISBN 0-662-97258-9
N° de cat. MAS Fo46-11/102-1992F

1. Forêts -- Exploitation -- Ontario -- Logiciels. 2. Régénération (Sylviculture) -- Ontario -- Logiciels. 3. Forêts -- Gestion -- Ontario -- Logiciels. I. Institut forestier national de Petawawa. II. Titre. III. Titre: modèle de planification de l'exploitation et de la régénération forestières. IV. Coll. : Rapport d'information (Institut forestier national de Petawawa) ; PI-X-102E.

SD391.N48 1992 634.9'8'028553 C92-099546-2

**Table des matières**


*v* Résumé/Abstract

1 Introduction

1 Progrès récents dans la planification de la récolte forestière

4 Modifications du LOGPLAN (LOGPLAN II)

4 Le modèle

4 La fonction économique

5 Contraintes

5 Production liée à l'activité périodique
5 Production totale de l'activité
6 Réserves intermédiaires et réserves finales des usines
7 Réserves de ressources ligneuses
7 Groupes d'activités
7 Activités de tri
8 Groupes de réserves
8 Matériel de reproduction
8 Budget de sylviculture

10 Méthode

10 Organigramme du système d'opérations d'exploitation

11 Introduction des données

11 Paramètres généraux du système de récolte
11 Périodes (saisons)
12 Réserves
12 Engins
14 Activités
15 Contraintes touchant le matériel de plantation

15 Correction des données

16 Conversion des données
16 Construction de la matrice PL
17 Tri des colonnes
17 Conversion en format MPSX
17 Optimisation
17 Préparation des rapports

18 Conclusion

20 Références

23 Annexe I. Organigramme montrant l'enchaînement des programmes ainsi que des fichiers d'entrée et de sortie du LOGPLAN II

27 Annexe II. Énumération des fichiers de données intermédiaires (fichiers «.n»)

46 Annexe III. Exemple de rapports de sortie produit par LOGPLAN II pour la Compagnie forestière hypothétique

Tableaux

11 Tableau 1. Paramètres du système de la Compagnie forestière hypothétique et leurs valeurs

19 Tableau 2. Compagnie forestière hypothétique : sommaire de la production et des coûts

19 Tableau 3. Compagnie forestière hypothétique : production et utilisation par groupe d'activités

Figures

2 Figure 1. Organigramme des opérations de récolte dans une société forestière de l'est du Canada

6 Figure 2. Exemple de la méthode de calcul des contraintes sur la production totale d'une activité

9 Figure 3. Organigramme du modèle LOGPLAN pour la Compagnie forestière hypothétique

12 Figure 4. Données d'entrée pour une réserve de ressources ligneuses

12 Figure 5. Données d'entrée pour une réserve intermédiaire

12 Figure 6. Données d'entrée pour un groupe de réserves

12 Figure 7. Données d'entrée pour un type d'engins de récolte

13 Figure 8. Données d'entrée pour les facteurs de correction de la productivité des réserves de ressources ligneuses

14 Figure 9. Données d'entrée pour un type de camion

14 Figure 10. Données d'entrée pour une activité

15 Figure 11. Données d'entrée pour un groupe d'activités de tri

15 Figure 12. Données d'entrée pour un groupe d'activités

15 Figure 13. Données d'entrée pour déterminer le matériel de reproduction nécessaire

17 Figure 14. Exemple d'un fichier LOGPLAN.SPC

## RÉSUMÉ

Le LOGPLAN II, fondé sur la programmation linéaire (PL), est un modèle qui peut être un moyen de formulation pour les plans opérationnels annuels d'une compagnie forestière. Si les données sur les ressources de bois, les installations et le matériel reproductif sont à notre disposition, à l'aide de ce modèle, on est en mesure de déterminer le calendrier de récolte et de pratiques de régénération forestières. Ce procédé permet de minimiser les frais encourus lorsqu'on veut satisfaire aux demandes établies par les usines de papeterie. Il peut être aussi utilisé à vérifier de diverses stratégies de planification pour que l'on puisse choisir celle qui est la plus efficace.

Le présent article donne également un aperçu de l'évolution du LOGPLAN II depuis le milieu des années 70. Les formules sont décrites en ce qui concerne les fonctions objectives et les restrictions applicables à un système de récolte. La méthode de générer les organigrammes est aussi illustrée, Pour ce faire, on s'est servi de la «Compagnie forestière hypothétique» comme exemple. Les données nécessaires sont introduites, de manière interactive, à un terminal d'ordinateur, puis elles sont emmagasinées dans des fichiers informatiques en forme tabulaire, ce qui permet les corrections ou les changements. La matrice d'entrée en programmation linéaire est automatiquement générée de ces fichiers à l'aide du langage FORTRAN. Le logiciel XMP assure l'optimalisation. Pour compléter l'analyse, on décrit le procédé d'exécuter les différents programmes. Les tables d'entrée ainsi que les rapports sortants se rangent dans le cadre de la Compagnie forestière hypothéthique.



## ABSTRACT

LOGPLAN II is a linear-programming (LP) based model that can be used as a tool in formulating a forest company's annual operating plan. Given the resources of wood, equipment, and planting stock that are available, the model schedules harvesting and regeneration activities in such a way that the cost of meeting mill demands is minimized. The model can be used to test a number of different planning strategies to ensure that the most effective is selected.

The development of LOGPLAN since the mid-1970s is outlined. Formulae are given for the objective function and the constraints that may be imposed on the harvesting system. The method of constructing a flowchart for the system is illustrated using "Hypothetical Forest Company" as an example. Required data are entered interactively on a computer terminal and stored in tabular form on computer files that can be used for making corrections or changes. The LP input matrix is generated automatically from these files using FORTRAN programs. Optimization is accomplished using the XMP software package. The procedure for running the different programs to complete an analysis is described. Examples of input tables and output reports are given for the Hypothetical Forest Company.

Avertissement :

Étant donné que le modèle fonctionne à l'aide du langage d'ordinateur, certains messages n'apparaissent qu'en anglais.

Dans plusiers cas les réponses aussi doivent être écrites en anglais. Les annexes donnent un exemple quelles sections demeurent en anglais et quelles peuvent être changées en français.

## INTRODUCTION

Le modèle LOGPLAN vise à aider l'aménagiste à planifier l'exploitation une année d'avance. Essentiellement, en s'appuyant sur des ressources connues en bois et du matériel disponible, le modèle ordonnance les opérations d'exploitation (abattage, ébranchage, tronçonnage, débusquage ou débardage par camion, etc.) de façon à réduire au minimum le coût de la fourniture d'un volume connu (fixe) de bois à l'usine d'une société (la demande de l'usine), sous l'influence d'un certain nombre de contraintes. L'objectif premier du modèle était de permettre au planificateur d'évaluer rapidement et à peu de frais les options des systèmes et des stratégies (ayant échafaudé diverses hypothèses) avant d'arrêter le plan final.

À l'origine, le modèle comportait trois volets : chargement des données et construction d'une matrice, optimisation par programmation linéaire, production d'un rapport. Il a été décrit par Newnham (1975a), de même que la description détaillée des programmes FORTRAN a été fournie par Newnham (1975b). Un exemple pratique de ce modèle a été décrit par Newnham (1976). Des essais sur le terrain ont ultérieurement montré que, dans la pratique, les systèmes de récolte typiques de l'est du Canada étaient trop complexes pour être «optimisés» par les sous-programmes de programmation linéaire donnés par Newnham (1975b). Des modifications ont été apportées, pour tirer parti du logiciel MPSX propre à IBM (International Business Machines, 1972). La figure 1 montre un exemple de système complexe. La société exploitait trois districts, dont chacun répondait à la demande de bois en gros pour une ou deux usines. Des quantités supplémentaires de bois ronds et de copeaux étaient achetées. Le système aurait pu être analysé district par district, n'eût été des échanges (transport) entre les districts. Par exemple, des billes de sciage étaient acheminées par camion du district 1 à la scierie (usine 5) située au district 3. Les déchets ligneux de la scierie étaient réduits en copeaux et expédiés à l'usine de pâte (usine 1).

Même si le personnel de la société, avec le concours de qui le modèle avait été mis au point, était enthousiaste face à son utilité possible, le modèle ne fut pas lors accepté par l'industrie forestière. En effet, à l'époque, il y avait pénurie de personnel qui connaissait l'informatique, la direction était opposée aux changements, et l'accès aux ordinateurs centraux, nécessaire à l'exécution des analyses, était limité. Comme devait l'affirmer plus tard un aménagiste des boisés, LOGPLAN était en avance de cinq ans sur son époque! Avec l'embauche d'une nouvelle génération de forestiers diplômés qui connaissaient l'informatique, une direction plus ouverte aux nouvelles techniques informatisées ainsi que l'accessibilité générale d'ordinateurs personnels et de postes de travail aussi puissants que les ordinateurs centraux des années 70, la plupart des obstacles à l'adoption du logiciel ont été éliminés.

### Progrès récents dans la planification de la récolte forestière

Au cours des années 80, dans la foulée des progrès marqués des techniques de l'informatique ainsi que de l'évolution concomitante de logiciels polyvalents pour les systèmes d'information géographique (SIG) et les systèmes connexes de gestion des bases de données (SGBD), on a axé l'effort vers la mise au point de modèles de planification (ou d'ordonnancement) de la récolte ainsi que d'autres modèles d'aménagement forestier. Désormais, on peut accéder à des bases de données volumineuses et détaillées et les manipuler grâce aux SIG et aux SGBD, pour obtenir les données nécessaires à la modélisation.

Un modèle initial de planification de la récolte a été le *Timber RAM* (Navon, 1971; Chappelle et collab., 1976; Armstrong et collab., 1984), modèle de programmation linéaire qui, depuis l'inventaire des ressources d'une unité d'aménagement forestier, pouvait calculer les volumes coupés, les frais d'exploitation ainsi que les revenus pour jusqu'à 35 décennies. Ce modèle et d'autres plus récents, également de programmation linéaire (p. ex. Hoganson et Rose, 1987; Marshall, 1988; Jamnick et collab., 1990) peuvent servir à vérifier différentes stratégies de coupe et politiques d'aménagement. Certains modèles de programmation linéaire ont été construits pour répondre à des problèmes précis; le modèle de Reed et Erico (1986) étudiait le risque d'incendie catastrophique et les effets qu'aurait ce dernier sur la réserve de bois à long terme.

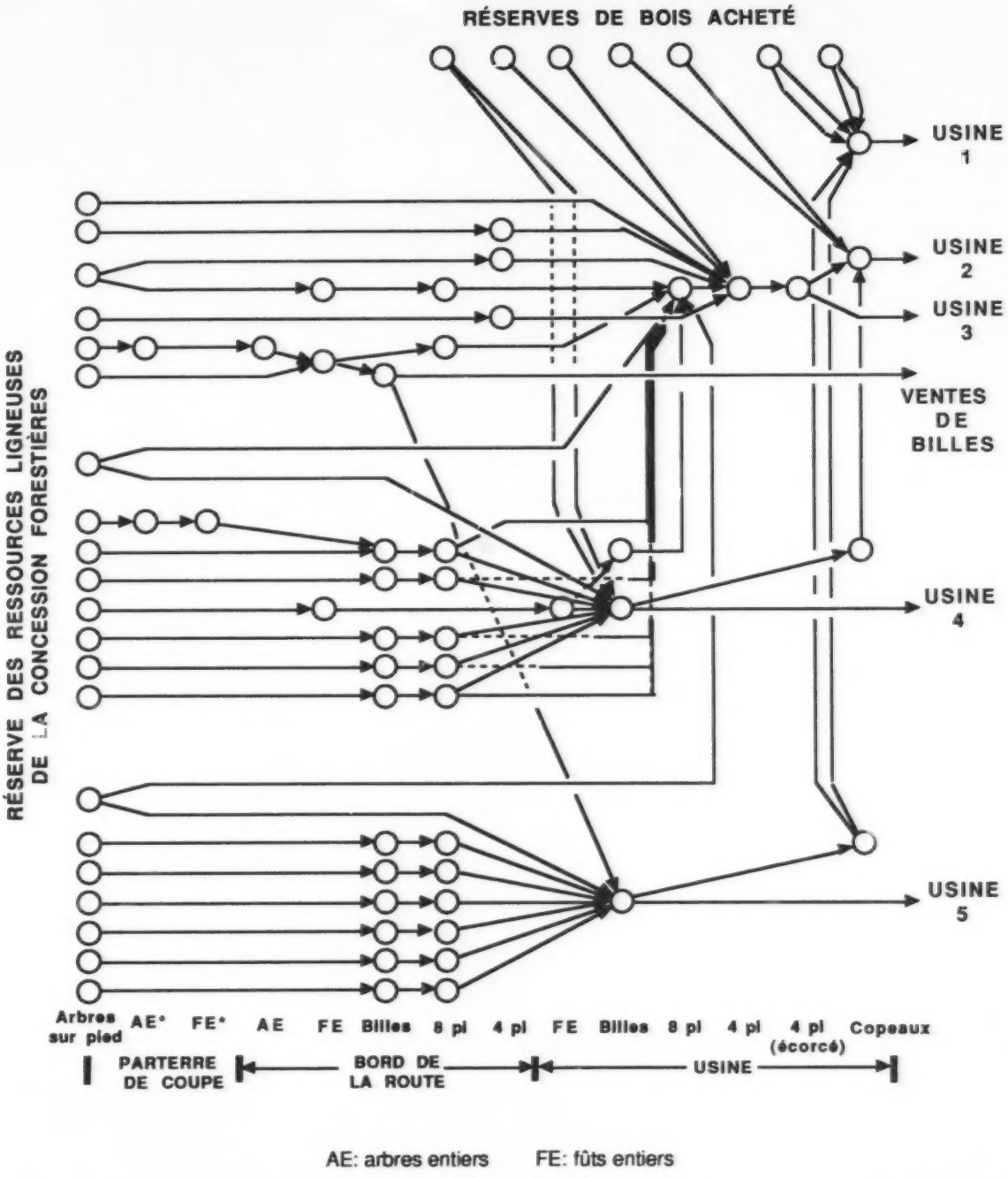



Figure 1. Organigramme des opérations de récolte dans une société forestière de l'est du Canada

La programmation linéaire possède une structure mathématique rigide (Marshall, 1986) qui ne lui permet d'optimiser qu'un objectif à la fois. Or, les plans d'aménagement forestier ont souvent un certain nombre d'objectifs à atteindre, et ces derniers peuvent ne pas tous être optimaux. Pour répondre à cette situation, nous pouvons utiliser une variante de programmation linéaire telle que la programmation à objectifs multiples (Mendoza et collab., 1987; Bare et Mendoza, 1988) ainsi que la programmation linéaire floue (Mendoza et Sprouse, 1989). Le modèle ADHAM (Wightman et Jordan, 1990) peut s'adapter aux facteurs subjectifs, dont il faut souvent tenir compte dans la planification de la récolte, en même temps qu'aux facteurs objectifs. Pour cela, le modèle intègre les techniques de calcul de chiffrier et la programmation linéaire. La programmation par objectifs (par exemple Kao et Brodie 1979) a également été appliquée. D'autres chercheurs préfèrent la programmation en nombres entiers par la méthode de Monte Carlo (PNEMMC), notamment lorsqu'il faut tenir compte des contraintes spatiales (O'Hara et collab., 1989; Clements et collab., 1990). Nelson et Brodie (1990) ont montré qu'un algorithme de recherche au hasard pouvait donner des plans qui étaient situés de moins de 3 pour cent de l'optimum produit par la programmation en numération mixte, mais à une fraction du coût. Jamnick (1990) a obtenu des résultats similaires lorsqu'il a comparé un modèle de programmation linéaire avec le modèle de simulation FORMAN.

Les systèmes informatiques géographiques (SIG) permettent d'intégrer assez facilement les contraintes spatiales aux modèles de la planification de la récolte. Nelson et collab., (1988) ont discuté des problèmes découlant de l'intégration de contraintes de contiguïté dans un modèle de planification. Ces contraintes restreignent habituellement le choix du moment de la récolte dans des peuplements contigus afin de contrôler la superficie de zones contiguës soumises à la coupe à blanc. Torres-Rojo et Brodie (1990) ont proposé un programme heuristique pour l'agrégation des contraintes de contiguïté. D'autres exemples de l'intégration des SIG à la planification de la récolte sont trouvés chez Bobbe (1989) et Lougheed (1988). Walker et Lougheed (1989) se sont servis du SIG pour évaluer différents réseaux routiers avec le modèle *Timber RAM* afin de maximiser l'utilisation des volumes.

Erdle[1] a prévu un modèle de planification de la récolte qui suivait l'évolution et les traitements de tous les peuplements d'une province. Moore et Lockwood (1990) ont franchi le premier pas en montrant la faisabilité technique de ce modèle. Leur modèle HSG englobe 28 000 peuplements d'une unité d'aménagement forestier du nord de l'Ontario et élabore des calendriers de récolte pour des périodes de 5 et de 25 années (ou plus). Les contraintes de contiguïté ne sont pas, pour le moment, inclus dans le modèle. Lockwood[2] est en train d'explorer l'algorithme de recuit simulé pour résoudre le problème.

On peut constater que beaucoup d'efforts ont été consacrés à la construction de modèles permettant d'ordonnancer la récolte des peuplements. Les calendriers ainsi obtenus peuvent être utiles comme données d'entrée au LOGPLAN. Chaque peuplement ordonnancé pourrait être considéré comme une réserve de ressources ligneuses mais, afin de réduire le nombre de ces réserves à un degré maniable, il est habituellement préférable d'agréger les peuplements. Chaque réserve de ressources ligneuses devrait consister en peuplements dont la composition en essences, la maturité et la classe de station sont semblables et qui sont situés dans la même région géographique (notamment pour ce qui concerne la distance de transport jusqu'à l'usine). En se servant des données fournies par le modèle HSG (Harvest Schedule Generator = logiciel générateur de calendrier d'exploitation), on a essayé d'automatiser cette agrégation à l'aide de l'analyse de grappes. Même si les résultats étaient assez bons, on a estimé que les aménagistes devraient participer au choix final de la stratégie.

Depuis la publication de LOGPLAN, dans le milieu des années 70, peu de tentatives semblent avoir été consacrées à la construction de modèles de planification des opérations de coupe. L'interaction de certains éléments des opérations de coupe a été étudiée. Greene et Lanford (1984) ont examiné, par simulation interactive dans un

---

[1] Erdle, T. 1985. Harvest scheduling and its impact on wood supply. Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick, Direction de l'aménagement forestier. Rapport inédit, 16 p.

[2] Lockwood, C.G. 1990. Communication privée.

micro-ordinateur, la coupe d'éclaircie par abatteuse-groupeuse dans une plantation de pins rigides. Gingras (1988) a entrepris d'étudier sur le terrain l'interaction entre une abatteuse-groupeuse et un débardeur à pince afin de déterminer la dimension optimale d'une pile de bois ronds. Hassler et collab. (1988) ont construit un modèle à processus de Markov à paramètres continus à état discret pour étudier l'interaction entre un débardeur à pince et une tronçonneuse. Des interactions semblables mais plus complexes avaient été étudiées en simulation par Newnham et Sjunnesson (1969). Walker et Priess (1988) se sont servis de la programmation en numération mixte pour intégrer la planification de la récolte et de la livraison (mais non dans le détail d'une analyse par LOGPLAN). Sessions et Paredes (1987) ont élaboré une solution de rechange à la programmation en numération mixte pour localiser les cours de triage (opération quelque peu analogue à celle des activités de tri du LOGPLAN, décrites plus loin). Twito et collab. (1987) se sont servis de la conception assistée par ordinateur pour planifier la récolte et les réseaux routiers. Le recuit simulé (Lockwood[2]) semble également un bon moyen de concevoir les réseaux routiers.

Pour l'est du Canada, une méthode utile de comparaison du rendement des engins et des systèmes de récolte a été élaborée par Mellgren (1990). Pour chaque engin, la production se fonde sur des conditions idéales d'exploitation, mais, des facteurs de correction sont fournis pour les conditions moins favorables.

### Modifications du LOGPLAN (LOGPLAN II)

Au cours des années 70, dans la plupart des provinces, les sociétés forestières n'étaient généralement pas chargées de la régénération consécutive à la coupe. Leur principale préoccupation était de réduire les coûts de la récolte au minimum, sans tenir compte des effets négatifs qui pourraient s'ensuivre sur les activités ultérieures de régénération. Avec la signature des ententes sur l'aménagement des forêts, au début des années 80, la responsabilité de la régénération a été confiée aux sociétés forestières. Il semblerait donc logique de ne pas analyser séparément les deux séries d'activités reliées à la régénération et à la récolte, mais plutôt de les réunir et d'en tirer une optimisation globale; c'est aussi l'opinion que partage Kotak et collab. (1990). Cette option est maintenant intégrée dans le LOGPLAN II.

Un certain nombre d'autres modifications, y compris les activités de tri et les groupes de réserve, ont été apportées au LOGPLAN, depuis les premiers rapports (Newnham, 1975a; 1975b). Les données sont maintenant introduites en mode interactif au moyen d'un terminal, l'utilisateur répondant à des messages de guidage. En raison de la masse de données requises, cela reste une tâche pénible, mais, une fois introduites pour un système de coupe, les données sont classées sous forme de tableaux faciles à lire. Ces tableaux servent ensuite à produire les paramètres d'entrée en image de cartes standard à 80 colonnes, tandis que les erreurs d'entrée sont corrigées au moyen d'un programme éditeur de texte. Des modifications ont été apportées aux programmes pour leur ajouter des contraintes facultatives supplémentaires et pour adapter le modèle à l'emploi du progiciel de programmation linéaire XMP (XMP Software Inc., 1989).

## LE MODÈLE

### La fonction économique

La fonction économique de LOGPLAN II est celle du modèle d'origine, c'est-à-dire les fonctions visant à réduire au minimum :

$$Z = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \ldots + c_{21}x_{21} + \ldots + c_{NM}x_{NM}$$

où

$c_{ij}$ = $r_{ij} + t_{ij}$;
$x_{ij}$ = la production (en mètres cubes) pour l'activité $A_i$ au cours de la période j;
N = le nombre d'activités;
M = le nombre de périodes;

et

$$x_{ij} \geq 0 \text{ for } i = 1, \ldots, N \text{ and } j = 1, \ldots, M$$

$r_{ij}$ est la somme des frais fixes et variables d'utilisation des engins (en dollars par période de travail) divisée par le taux de production ($m^3$/période de travail), ce qui donne le coût en $\$/m^3$. Le facteur $t_{ij}$ permet de tenir compte des frais d'inventaire reliés à l'activité $A_i$.

Newnham (1975a) a montré qu'on pouvait le calculer à l'aide de la formule suivante :

$$t_{ij} = \sum_{k=j}^{M} (W_k - 0.5W_j)(c_f - c_e)$$

où

$W_k$ = le nombre de journées ouvrables dans la période k;

$c_f$ = les frais journaliers d'inventaire ($/m$^3$) pour les réserves constituées grâce à l'activité $A_i$;

$c_e$ = les frais journaliers d'inventaire ($/m$^3$) pour les réserves épuisées par l'activité $A_i$.

La première moitié de l'expression montre que l'intérêt aux stocks actuels est porté du milieu de la période d'exploitation en cours jusqu'à la fin de la période de planification. La deuxième moitié de l'expression traduit l'appréciation du bois, quand il passe d'une réserve à l'autre, en moyen de l'activité.

**Contraintes**

Les modifications apportées au modèle LOGPLAN ont introduit un certain nombre de contraintes nouvelles au modèle de programmation linéaire. Ces contraintes de même que les contraintes d'origine (Newnham, 1975a) sont décrites ci-dessous.

*Production liée à l'activité périodique*

$$x_{ij} \leq b_1$$

où $b_1$ est habituellement le maximum de la production possible ($P_{ij}$) de l'activité $A_i$, au cours de la période j, sauf si cette production amène un stock négatif dans la réserve $S_k$ vidée par l'activité $A_i$. La valeur finale de $b_1$ est donc la suivante :

$$b_1 = \min\{P_{ij}, \sum_{i=1}^{N_k} \sum_{v=1}^{j} (Pu_i v + I_k)\}$$

où

$u_i$ = le numéro de la i-ième activité alimentant la réserve $S_k$;

$N_k$ = le nombre d'activités alimentant la réserve $S_k$;

$I_k$ = les stocks initiaux dans la réserve $S_k$.

Les valeurs de $b_1$ constituent les bornes (*BOUNDS*) du fichier LOGPLAN.MPS dont il sera question plus tard dans le présent rapport.

*Production totale de l'activité*

$$\sum_{j=1}^{M} x_{ij} \leq b_{2.1}$$

$$\sum_{j=1}^{M} x_{ij} \geq b_{2.2}$$

Lorsque $b_{2.1} = b_{2.2}$, la contrainte devient $\Sigma x_{ij} = b_{2.1}$. Si $b_{2.2} = 0$, la contrainte minimale devient superflue, tous les $x_{ij}$ étant $\geq 0$. Les valeurs de $b_{2.1}$ constituent le « membre de droite » (RHS), et les écarts, $b_{2.1} - b_{2.2}$, sont les écarts (*RANGES*) " dans le fichier LOGPLAN.MPS.

La détermination des valeurs exactes de $b_{2.1}$ et de $b_{2.2}$ se complique du fait qu'elle dépend de la taille et du stock initial de toutes les réserves qui peuvent contribuer à l'activité $A_i$ et, également, de la productivité de toutes les autres activités qui alimentent et épuisent ces réserves. Un exemple relativement simple permettra d'en montrer le principe de fonctionnement.

La figure 2 montre une partie de l'organigramme où $S_1$ et $S_2$ sont des réserves de ressources ligneuses. Les valeurs de $b_{2.1}$ et de $b_{2.2}$ pour l'activité $A_3$ seront donc les suivantes :

$$b_{2.1} \leq \min\{\sum_{j=1}^{M} P_{3j}, (1000+2000+100), (\sum_{j=1}^{M} P_{1j} + \sum_{j=1}^{M} P_{2j}+100)\}$$

et

$$b_{2.2} \geq \max\{0, [(1000-200) + (2000-500) - 400] - \sum_{j=1}^{M} P_{4j}\}$$

En termes simples, $b_{2.1}$ doit être inférieur à la moindre des trois quantités suivantes : la production maximale totale de l'activité $A_3$; la somme des stocks initiaux dans les trois réserves ($S_1$ à $S_3$) qui pourraient alimenter $A_3$; la somme

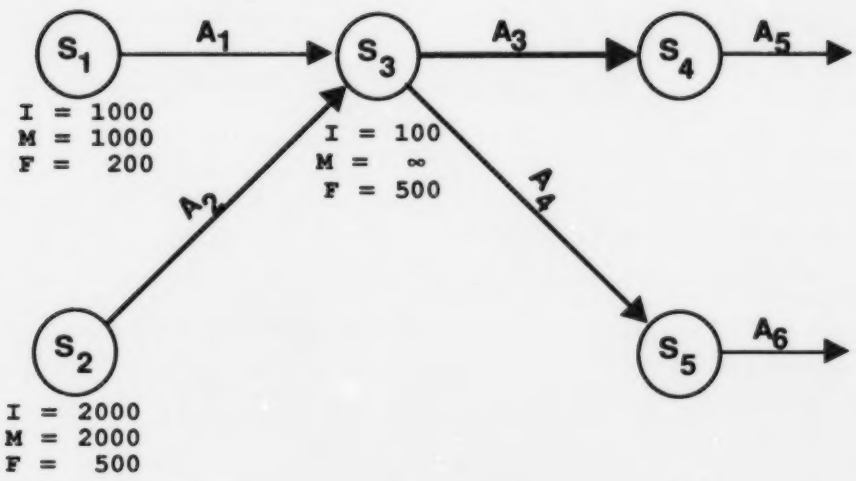



**Figure 2.** Exemple de la méthode de calcul des contraintes sur la production totale d'une activité. (I, M et F sont des stocks initiaux, maximaux et finaux de chaque réserve; A signifie une activité et S représente un stock dû à l'activité A)

des productions maximales totales de $A_1$ et $A_2$ plus le stock initial de $S_3$. Quant à $b_{2.2}$, il doit être supérieur à la somme (800 + 1 500 = 2 300) des volumes de bois qui **doivent** être prélevés des deux réserves ($S_1$ et $S_2$), moins la différence (400) entre les stocks initial et final de la réserve $S_3$. Si le résultat est négatif, alors $b_{2.2}$ est nul et il devient superflu. À noter que si $b_{2.2} > b_{2.1}$, le problème de programmation linéaire devient insoluble, et il n'existe pas de solution optimale.

*Réserves intermédiaires et réserves finales des usines*

Les contraintes auxquelles sont assujetties les réserves font que les stocks de chaque réserve ne tombent jamais sous zéro ou ne s'élèvent jamais au-dessus de la capacité maximale de la réserve. Elles font également que le stock maximal final n'est pas dépassé ou, si un volume donné doit être gardé en réserve à la fin de la période de planification, cette quantité s'y trouvera. Pour chaque réserve, deux contraintes peuvent s'appliquer pour chaque période :

$$\sum_{i=1}^{M_k} \sum_{v=1}^{j} x_{u_i v} - \sum_{i=1}^{N_k} \sum_{v=1}^{j} x_{u_i v} \leq b_{3.1} \text{ for } j = 1, 2, \ldots, M$$

$$\sum_{i=1}^{N_k} \sum_{v=1}^{j} x_{u_i v} - \sum_{i=1}^{M_k} \sum_{v=1}^{j} x_{u_i v} \leq b_{3.2} \text{ for } j = 1, 2, \ldots, M$$

où

$M_k$ = le nombre d'activités épuisant la réserve $S_k$;

$N_k$ = le nombre d'activités alimentant la réserve $S_k$;

$u_i$ = le numéro d'activité de la i-ième activité contribuant à épuiser ou à alimenter la réserve $S_k$;

$j$ = le numéro de la période.

Si $b_{3.1} = b_{3.2}$, les deux contraintes sont remplacées par une simple égalité. Si l'une ou l'autre valeur de b est négative, l'inégalité est renversée et les deux membres sont multipliés par -1.

Le calcul de $b_{3.1}$ et $b_{3.2}$ est également compliqué, mais le principe en jeu peut être montré si l'on se sert, comme exemple, de la réserve $S_3$ de la figure 2. Dans toutes les périodes, la valeur de $b_{3.1}$ sera de 100. En d'autres termes, le volume total de bois sorti de la réserve $S_3$ ne doit pas dépasser de plus de 100 le volume stocké dans la réserve, le volume de bois en stock au début de la période 1. Si le stock final $S_f$ avait été fixé à 500 exactement plutôt qu'à un maximum (c'est-à-dire $S_f = 500$ plutôt que $S_f \leq 500$), les deux contraintes auraient été remplacées par une simple égalité telle que $b_{3.1} = 400$ (l'écart entre l'inventaire final et l'inventaire initial). Pour les M-1

premières périodes, la valeur de $b_{3.2}$ sera de 800, la différence entre les stocks maximaux et initiaux. Pour la dernière période, $b_{3.2}$ sera de 400. Un exemple plus complet et plus détaillé du calcul de ces contraintes a été donné par Newnham (1975b).

*Réserves de ressources ligneuses*

Lorsque le nombre d'activités épuisant une réserve de ressources ligneuses est supérieur à 1, il faut se plier à deux contraintes :

$$\sum_{i=1}^{M_k} \sum_{j=1}^{M} x_{kij} \leq b_{4.1}$$

$$\sum_{i=1}^{M_k} \sum_{j=1}^{M} x_{kij} \geq b_{4.2}$$

où

$b_{4.1}$ = le stock initial dans la réserve de ressources ligneuses;

$b_{4.2}$ = la différence entre le stock initial et le stock final.

Lorsque le stock final égale à une valeur donnée ou est nul, les deux contraintes sont remplacées par une simple égalité.

La contrainte s'appliquant à une réserve de ressources ligneuses qu'épuise une seule activité sera du deuxième type ($b_{2.1}$ et $b_{2.2}$).

*Groupes d'activités*

L'utilisateur a la possibilité de définir les groupes d'activités qui utilisent les mêmes engins et les mêmes méthodes de régénération. Tous ces engins peuvent être mis à la disposition de chaque activité du groupe, mais une contrainte doit s'appliquer afin que le nombre d'engins affectés aux activités ne dépasse jamais le nombre total. Cette contrainte s'exprime ainsi :

$$\sum_{i=1}^{L_k} x_{kij} / Q_{kij} \leq b_5$$

où

$L_k$ = le nombre d'activités dans le groupe;

$k_i$ = le numéro de la i-ième activité du groupe;

$Q_{k_i}$ = la production maximale possible d'un engin pendant la période j au cours de l'activité $A_{ki}$.

À noter que même si $b_5$ est un nombre entier, la solution pourra donner pour x une valeur qui, si elle est divisée par Q, sera une fraction. Cette valeur devra être arrondie à l'entier le plus rapproché pour donner le nombre minimal d'engins qu'il faudra affecter à l'activité. Afin de maintenir le niveau prévu de production (x), les engins serviraient à l'activité pour moins du nombre complet de journées d'exploitation de la période. Pour le reste de la période, ils seraient affectés à une autre activité, au besoin.

*Activités de tri*

Dans la version d'origine du LOGPLAN, la composition des réserves ligneuses était prise en considération par des contraintes «d'assortiment» attachées au tri (Newnham, 1975a). Pour chaque réserve, la proportion de chaque type de peuplement et la proportion de chaque essence ou assortiment d'essences dans le type de peuplement étaient précisées. Les volumes correspondant à chaque assortiment exigé par l'usine ou les usines devaient également être précisés. Les contraintes d'assortiment faisaient en sorte que les proportions convenables étaient entrées dans le système, sans garantie toutefois que les livraisons arrivent aux usines dans les mêmes proportions.

Dans le modèle LOGPLAN II, les groupes d'activités de tri peuvent servir à s'assurer que les assortiments affectés à la demande des usines le sont en proportions convenables. Ces groupes, dont chacun épuise une seule réserve, peuvent se situer n'importe où au cours des opérations de récolte, mais, pour chaque réserve de ressources ligneuses, ils doivent apparaître avant que ce bois soit integré à un tel stock de bois qui vient d'une autre réserve (à moins que cette dernière n'ait la même composition). Tout comme le tri, ces activités autorisent d'autres fonctions (par exemple le tronçonnage, le transport par camions, etc.). Pour chaque activité du groupe, il faut préciser les proportions minimale et maximale du volume total produit par le groupe. La fourchette de production de chaque activité s'exprimera alors comme suit :

$$r_{k_i} \leq P_{k_i j} / \sum_{m=1}^{N_k} P_{k_m j} \leq R_{k_i}$$

où

$N_k$ = le nombre d'activités dans le k-ième groupe;
$k_i$ = le numéro de la i-ième activité du groupe;
$r_{ki}$ = la proportion minimale de la production totale du groupe attribuable à la i-ième activité du groupe;
$R_{k_i}$ = la proportion maximale de la production totale du groupe pour la i-ième activité du groupe.

Les deux contraintes de la matrice de programmation linéaire (PL) sont ainsi les suivantes :

$$P_{k_i j} / \Sigma P_{k_i j} \geq b_{6.1}$$

$$P_{k_i j} / \Sigma P_{k_i j} \geq b_{6.2}$$

où $b_{6.1} = r_{k_i}$ et $b_{6.2} = R_{k_i}$. Dans la figure 3, on constate trois groupes d'activités de tri : $A_{24}$ à $A_{26}$ et $A_{33}$, $A_{27}$ à $A_{29}$ ainsi que $A_{30}$ et $A_{31}$. Toutes les activités sauf $A_{33}$ sont également des activités de transport par camion.

*Groupes de réserves*

Il peut parfois être souhaitable d'imposer une contrainte sur le volume maximal total que l'on peut trouver dans un groupe de réserves et de ne pas restreindre en même temps le volume maximal d'une réserve du groupe. Un exemple serait le bois trié en assortiments séparés, dans un premier dépôt transitoire, mais dont on ne connaît pas les proportions exactes tant que le modèle n'est pas exécuté. Pour la Compagnie forestière hypothétique, l'aménagiste ne veut pas que le volume des fûts entiers sur le bord de la route (réserves $S_{19}$ à $S_{22}$) dépasse 10 000 $m^3$, mais il ne se préoccupe pas de savoir dans quelle(s) réserve(s) le bois se trouve.

Les deux contraintes sont très semblables à celles qui s'appliquaient aux réserves intermédiaires, sauf que les sommations concernent toutes les réserves du groupe, comme suit :

$$\sum_{w=1}^{L_k} \sum_{u_i=1}^{M_{L_k}} \sum_{v=1}^{j} x_{u_{w_i} v} - \sum_{w=1}^{L_k} \sum_{u_i=1}^{N_{L_k}} \sum_{v=1}^{j} x_{u_{w_i} v} \geq b_{7.1}$$

$$\sum_{w=1}^{L_k} \sum_{u_i=1}^{M_{L_k}} \sum_{v=1}^{j} x_{u_{w_i} v} - \sum_{w=1}^{L_k} \sum_{u_i=1}^{N_{L_k}} \sum_{v=1}^{j} x_{u_{w_i} v} \leq b_{7.2}$$

où $L_k$ = le nombre de réserves du groupe. Les valeurs de $b_{7.1}$ et de $b_{7.2}$ s'obtiennent comme celles de $b_{3.1}$ et de $b_{3.2}$.

*Matériel de reproduction*

Grâce au modèle LOGPLAN II, on peut affecter de contraintes le nombre de plants (ou de semences) de chaque type de matériel de reproduction disponible chaque année. Pour chaque type de matériel, la contrainte s'exprime comme suit :

$$\sum_{i=1}^{M_k} \sum_{j=1}^{Q} x_{k_i \theta_j} \cdot t_k / V_{L_k} \leq b_8$$

où

$\theta_j$ = $(n - 1) \cdot Q + j$ pour $n = 1, 2, ..., N_y$;
$N_y$ = le nombre d'années dans la période de planification;
$Q$ = le nombre de périodes d'exploitation dans l'année;
$M_k$ = le nombre d'activités dans le k-ième groupe d'activités auxquelles la méthode de régénération est commune;
$k_i$ = le numéro de la i-ième activité du groupe k;
$t_k$ = le nombre de plants (ou de semences) par hectare;
$L_k$ = le nombre de réserves de ressources ligneuses épuisées par l'activité $k_i$;
$V_{L_k}$ = le volume de la réserve $L_k$ de ressources ligneuses par hectare ($m^3$);
$b_8$ = le nombre de plants (ou de semences) disponibles chaque année pour le groupe k.

*Budget de sylviculture*

L'utilisateur du modèle LOGPLAN II a la possibilité de préciser un budget annuel pour les

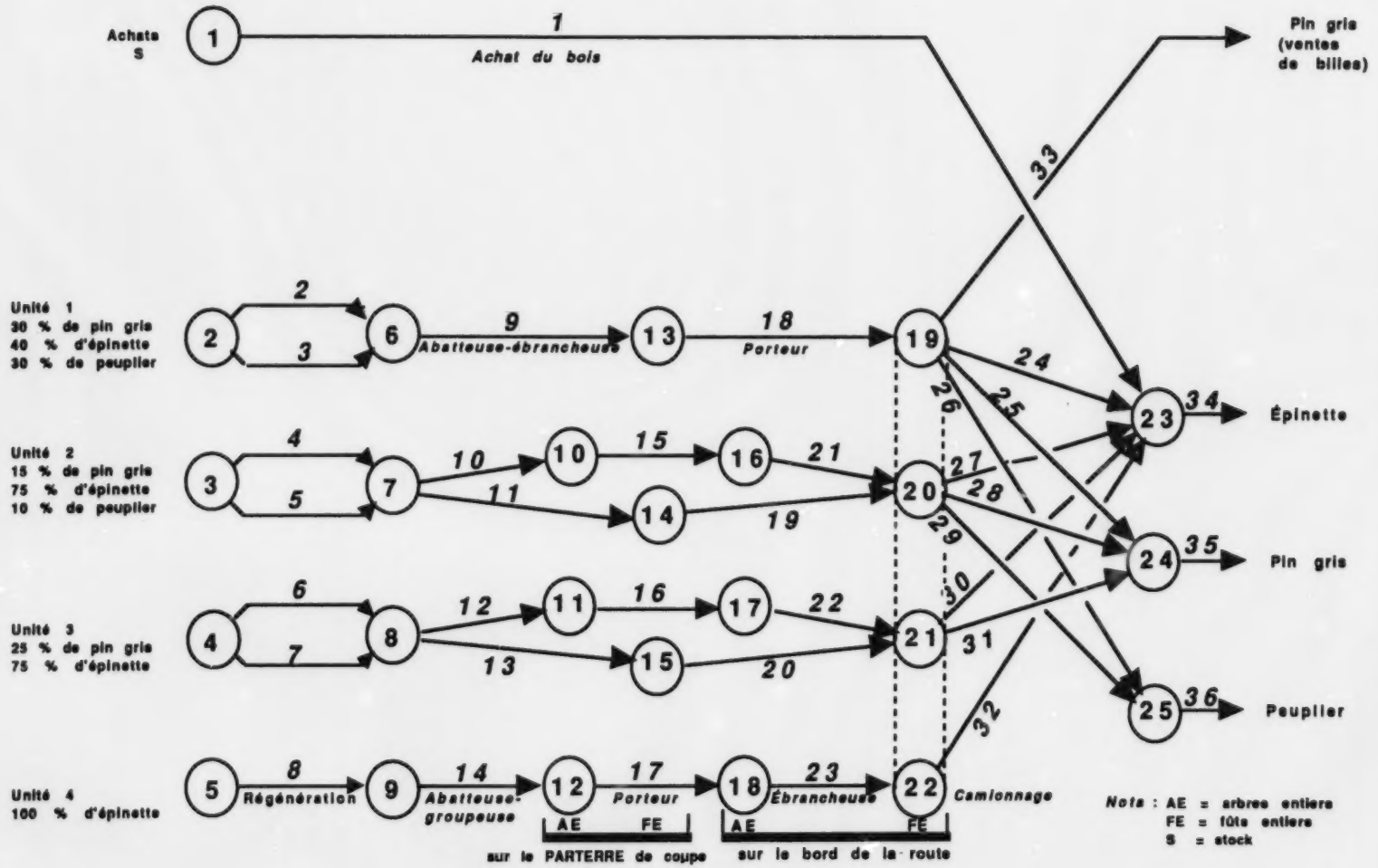



Figure 3. Organigramme du modèle LOGPLAN pour la Compagnie forestière hypothétique.

travaux sylvicoles de régénération. Pour que ce montant ne soit pas dépassé, la contrainte est la suivante :

$$\sum_{i=1}^{N_r} \sum_{j=1}^{Q} x_{k_j\theta_j} \cdot c_{k_j\theta_j} / V_{L_k} \leq b_9$$

où

$N_r$ = le nombre d'activités de régénération;
$b_9$ = le budget sylvicole annuel (en dollars);
$c_{k_i-j}$ = le coût ($/ha) de la régénération de la réserve $L_k$ par la méthode de régénération de l'activité $k_i$ au cours de la période (n - 1) • Q + j.

## MÉTHODE

La marche à suivre pour appliquer le modèle LOGPLAN II à l'analyse d'un système d'opérations de coupe est comme suit :

(1) On construit l'organigramme des opérations de coupe.
(2) À l'aide du terminal, on introduit les données pour les paramètres du système, des périodes d'exploitation, des réserves, des engins ainsi que des activités de coupe et de régénération.
(3) Sur les fichiers sommaires, on corrige les erreurs éventuelles des données d'entrée.

Les étapes suivantes sont effectuées automatiquement par l'exécution des différents programmes :

(4) Les données des fichiers sommaires sont formatées en 80 colonnes.
(5) Une matrice d'entrée PL est produite.
(6) Les colonnes de la matrice PL sont classées dans l'ordre alphanumérique.
(7) Les fichiers des données de sortie de LOGPLAN II sont mis dans le format standard MPSX exigé par le XMP.
(8) Optimisation par le XMP.
(9) Préparation des rapports à l'aide des résultats sortis du XMP.

Voici la description détaillée de ces étapes.

### Organigramme du système d'opérations d'exploitation

L'organigramme du système pour la Compagnie forestière hypothétique est montré à la figure 3. Le système montre beaucoup d'options disponibles pour l'utilisateur du LOGPLAN II, tout en permettant de maintenir le système le plus simple possible. Les réserves sont indiquées par des cercles et les activités, dont la principale fonction est de faire passer le bois d'une réserve à l'autre dans le système, sont traduites par des flèches.

Les réserves de ressources ligneuses sont indiquées à la gauche de l'organigramme. Elles sont constituées d'une seule source de bois acheté ($S_1$) et de quatre unités à récolter ($S_2$ à $S_5$). Les stocks finaux des usines ($S_{23}$ à $S_{25}$), grâce auxquels on satisfait à la demande des usines (activités $A_{34}$ à $A_{36}$), sont montrés à la droite de l'organigramme. Les règles suivantes s'appliquent au numérotage des réserves.

(1) On numérote d'abord les stocks de bois achetés (s'il y a lieu).
(2) On numérote ensuite les autres réserves de ressources ligneuses, puis les unités à récolter.
(3) On numérote en dernier les stocks finaux des usines.
(4) Les stocks intermédiaires peuvent être numérotés dans n'importe quel ordre, mais il est logique de les numéroter par ordre, de gauche à droite.

Des règles semblables s'appliquent au numérotage des activités :

(1) Les achats de bois (s'il y a lieu) sont numérotés en premier.
(2) Les activités épuisant les autres unités de récolte, qu'elles soient de récolte ou de régénération, sont numérotées en deuxième.
(3) On numérote en dernier les demandes des usines.
(4) On numérote immédiatement les ventes de bois (s'il ya lieu), avant les demandes des usines.
(5) Les autres activités sont habituellement numérotées par ordre, de gauche à droite.

Les travaux de régénération ($A_2$ à $A_8$), s'il y en a, épuisent toujours la réserve de ressources ligneuses (unités de coupe) qu'ils voient à

régénérer et chacun d'eux alimente une réserve fictive ($S_6$ à $S_9$), de capacité nulle. On fait ainsi en sorte que toute superficie récoltée est régénérée (sous réserve des contraintes du budget des travaux sylvicoles et de la disponibilité du matériel de reproduction). On peut utiliser au moins deux méthodes pour régénérer une unité de coupe ou, si l'entreprise ne prend aucune mesure de régénération, cette dernière est omise et la première récolte vide ou épuise la réserve. Même si la régénération dans l'organigramme semble précéder la récolte et peut également survenir dans n'importe quelle saison de l'année, en effet, c'est l'inverse qui est vrai; la régénération ne survenant que durant la saison de plantation et, souvent, l'année après la récolte.

Dans la figure 3, certaines activités sont groupées. Les activités $A_9$, $A_{11}$ et $A_{13}$ sont reliées aux abatteuses-ébrancheuses, tandis que les activités $A_{10}$, $A_{12}$ et $A_{14}$ concernent les abatteuses-groupeuses. Les porteurs sont utilisés aux étapes $A_{15}$ à $A_{20}$, mais les trois premiers porteurs transportent des arbres entiers tandis que les autres transportent des troncs ou fûts entiers, de sorte que le taux de production diffère. Les activités $A_{21}$ à $A_{23}$ concernent l'ébranchage sur le bord de la route. Les activités $A_{24}$ à $A_{32}$ consistent dans le transport du bois du bord de la route à l'usine et constituent en même temps (avec l'activité $A_{33}$) du tri, ce qui fait en sorte que le bois sortant des réserves $S_{19}$ à $S_{22}$ se répartit selon les proportions indiquées au regard de chaque unité. Pour l'envoi du pin gris vers l'usine ou vers les ventes de billes de sciage, on bénéficie d'une certaine souplesse, mais, au total, la proportion doit égaler 30 pour cent. Les réserves $S_{19}$ à $S_{22}$ constituent un groupe de réserves pour lesquelles un stock maximal total est précisé.

Malgré les trois demandes effectuées par les usines ($A_{34}$ à $A_{36}$), cela ne veut pas dire forcément qu'il y a trois usines; l'épinette et le pin pourraient servir à fabriquer de la pâte, et le peuplier pourrait servir à la fabrication de panneaux de grosses particules.

Après avoir rempli l'organigramme, on exécute les étapes ultérieures de l'analyse par le LOGPLAN II en exécutant un certain nombre de programmes. Sauf pour un programme de tri, que l'on peut obtenir sous forme de traitement SAS (SAS Institute Inc., 1988), ces programmes sont écrits en FORTRAN 77 pour un poste de travail SUN. L'enchaînement des différents programmes ainsi que leurs fichiers d'entrée et de sortie sont montrés à l'annexe I.

**Introduction des données**

Elle se fait de façon interactive par l'exécution du programme `logplan2_inp`. En réponse aux messages affichés sur l'écran, l'utilisateur indique le numéro et le titre du travail, puis il fournit les données des paramètres généraux du système de récolte, les périodes (saisons), les réserves, les engins, les activités ainsi que les contraintes touchant la matériel de plantation.

*Paramètres généraux du système de récolte*

Les paramètres et leurs valeurs pour la Compagnie forestière hypothétique (figure 3) sont donnés au tableau 1.

**Tableau 1. Paramètres du système de la Compagnie forestière hypothétique et leurs valeurs**

| Description des paramètres du système | Value |
|---|---|
| Nombre d'années de planification ((5 au max.) | 2 |
| Nombre de périodes d'exploitations par année (20 au max.*) | 4 |
| Nombre total de résrves ( 50 au max.*) | 25 |
| Nombre de réserves de bois acheté (10 au max.) | 1 |
| Nombre de réserves d'unités d'aménagement ( 8 au max.*) | 4 |
| Nombre de groupes de réserves ( 10 au max.) | 1 |
| Nombre total d'activités ( 60 au max.*) | 36 |
| Nombre d'activités d'achat de bois ( 60 au max.*) | 1 |
| Nombre d'activités de vente de bois (60 au max.) | 1 |
| Nombre de groupes d'activités ( 10 au max.) | 6 |
| Nombre de demandes par les usines (10 au max.) | 3 |
| Nombre de groupes d'activités de tri (10 au max.) | 3 |
| Nombre de types d'engins de régénération ( 10 au max.) | 3 |
| Nombre de types d'engins de récolte ( 10 au max.) | 4 |
| Nombre de types de camions (10 au max.) | 1 |
| Nombre de contraintes pour le matériel de plantation (10 au max.) | 1 |
| Budget sylvicole annuel (régénération) ($) | 2 000 000 |

* Ces valeurs peuvent être modifiées en changeant les instructions relatives aux paramètres dans les programmes FORTRAN.
*Nota bene* : le texte des paramètres est écrit en anglais dans le programme

*Périodes (saisons)*

Pour la première année, l'utilisateur doit donner la date du début et la date de la fin ainsi que le nombre de jours d'exploitation dans chaque période. Les dates et les nombres de jours d'exploitation sont sensés être les mêmes pour l'année suivante et les années ultérieures. Pour l'analyse en cours, les périodes sont les suivantes : du 1er AVRIL au 31 MAI 1991 (40 jours d'exploitation); du 1er JUIN au 15 OCTOBRE

1991 (90); du 16 OCTOBRE au 15 DÉCEMBRE 1991 (40); et du 16 DÉCEMBRE 1991 au 31 MARS 1992 (50), soit 220 jours d'exploitation dans chacune des deux années.

*Réserves*

Voici, à la figure 4, un exemple de données demandées pour une réserve de ressources ligneuses.

```
Réserve n° 3  Description (24 caractères au
                max.):
              >Unité de coupe 2
              Stock initial (m**3):  280000
              Stock maximal final (m**3):
                100000
              Superficie (ha): 1350
              Nombre moyen d'arbres/m**3: 8.0
```

**Figure 4.** Données d'entrée pour une réserve de ressources ligneuses

Tous les volumes et toutes les superficies sont arrondis à l'entier près. Le nombre moyen d'arbres par mètre cube est exigé, afin de pouvoir se prévaloir de l'option permettant de régler la productivité des engins selon la dimension des arbres. Les superficies et le nombre d'arbres par mètre cube ne sont pas exigés pour les réserves de bois achetés. À noter toutefois que la différence entre le stock initial et le stock final est le volume de bois qui **doit** être prélevé de la réserve au cours de la période de planification, quel qu'en soit le coût.

Pour les réserves intermédiaires et les stocks finaux en usine, les données exigées sont montrées à la figure 5.

```
Réserve n° 16  Description (24 caractères au
                 max.):
               >AE, bas-côté
               Stock initial (m**3):  0
               Inventaire maximal (m**3): 500
               Stock final maximal (m**3): 0
               Frais journaliers d'inventaire
                 ($/m**3): 0.006
```

**Figure 5.** Données d'entrée pour une réserve intermédiaire

Si rien ne vient limiter la valeur maximale du volume permis en réserve à un moment ou à un autre, entrer le nombre -999 dont la valeur absolue est le maximum. Si l'on souhaite préciser un volume de bois en stock à la fin de la période de planification, entrer cette valeur, mais sous sa forme négative, à défaut de quoi le modèle vide toutes les réserves à la fin de la période de planification. Les frais d'intérêt quotidien découlent de l'intérêt à payer sur le capital immobilisé dans les réserves ainsi que les frais d'entretien de l'entrepôt.

Groupes de réserves. - Lorsque le planificateur préfère soumettre à une contrainte le stock maximal permis dans un groupe de réserves de même que chaque réserve particulière, le stock maximal du groupe et le nombre de réserves dans le groupe doivent être précisés (figure 6). Pour la Compagnie forestière hypothétique, le volume total de fûts entiers sur le bord de la route a été limité à 10 000 $m^3$.

```
Réserve n° 1  Description (24 caractères au
                max.):
              >FE bas-côté
              Nombre de réserves dans les
              groupe (10 au max.): 4
              Entrer les numéros de chacune
              des 4 réserves du groupe (en
              les séparant par un espace ou
              une virgule) :

              19 20 21 22
              Stock maximal total pour le
              groupe (m**3): 10000
```

**Figure 6.** Données d'entrée pour un groupe de réserves

*Engins*

On compte trois catégories fondamentales d'engins : ceux de régénération, ceux de récolte et ceux de transport. Pour certaines travaux (notamment pour les travaux de régénération), on n'aurait pas besoin d'engins exprès. Par exemple, en cas de brûlage des rémanents suivi de la régénération naturelle, on ne se servirait pas de machinerie de la même façon qu'on l'a fait pour l'abattage. Il est parfois possible de simplifier un système en combinant différents engins dans une seule activité (par exemple chargement et tronçonnage).

Les renseignements exigés pour un type d'engins de récolte (les porteurs) sont donnés à la figure 7.

```
Type d'engins de récolte 3
Description (24 caractères au max.):
        >Porteurs
Nombre d'unités disponibles : 7

     Pour les quatre prochaines entrées sur
     les coûts vous pouvez soit entrer les
     coûts en capital, les coûts fixes et les
     coûts variables en dollars par de
     travail OU une seule valeur en
     dollars/m**3 (auquel cas entrer 0 pour
     chacun des trois coûts par période de
     travail).

Coûts en capital ($/période): 240
Coûts fixes ($/période): 320
Coûts variables ($/période): 200
Production (m**3/période): 135
```

**Figure 7.** Données d'entrée pour un type d'engins de récolte

Les coûts par période de travail et les taux de production sont arrondis à l'entier près, mais les coûts en dollars par mètre cube, s'il y a lieu, sont donnés en dollars et en cents. Le coût en capital est le coût de la possession d'un engin, que celui-ci soit utilisé ou non, tandis que les coûts fixes sont imputés dès que l'utilisation de l'engin est prévue. Les coûts variables ne courent qu'en proportion du temps de fonctionnement effectif de l'engin. Le taux de production est la production maximale que peut atteindre un engin durant une période de travail.

Des renseignements semblables sont exigés pour les engins (unités) de régénération, sauf que la production se décrit en hectares par période de travail.

Dans le modèle d'origine de LOGPLAN, toute variation du taux de production due au changement des saisons, à la topographie ou aux dimensions des arbres ne pouvait être prise en considération que par la variation du taux de production de chaque activité et période de l'année au moment de l'entrée des données. Dans le LOGPLAN II, afin d'alléger l'introduction des données, ces variations sont intégrées à l'aide de **coefficients de correction de la production**, semblable aux facteurs de correction de Mellgren (1990). Pour la récolte et la régénération, ces coefficients sont au nombre de trois :

(1) *Dimensions des arbres.* - Dans le LOGPLAN II, le volume moyen de l'arbre est posé égal à 0,125 $m^3$ (soit 8 arbres pour 1 $m^3$). Cette valeur peut être modifiée dans l'instruction PARAMETER, au début du programme `logplan2_prep`). Un coefficient de 1,3 ferait que chaque fois que le volume d'un arbre double ou est réduit de moitié, la productivité augmente ou baisse de 30 pour cent.

(2) *Période de l'année.* - Les variations saisonnières de la productivité sous l'effet du climat sont déterminées par un autre coefficient précisé pour chaque période. Ainsi, le coefficient de 0,95 signifierait une baisse de 5 pour cent du taux de production d'un engin pour la période.

(3) *Réserves de ressources ligneuses.* - Les variations de la productivité dues à la topographie, au volume de bois par hectare, aux conditions pédologiques, etc. peuvent être précisées pour chaque réserve. Un coefficient de 1,03 indiquerait une augmentation de 3 pour cent de la productivité.

L'effet combiné des coefficients de correction de la productivité est multiplicatif. Ainsi, pour reprendre les exemples ci-dessus, si l'on pose que le volume moyen des arbres est de 0,25 $m^3$, la productivité d'ensemble augmenterait à 1,3 x 0,95 x 1,03 = 1,27; soit une augmentation de 27 pour cent. Sauf indication contraire, tous les coefficients de correction de la productivité prennent la valeur implicite de 1,0. Durant l'exécution du programme `logplan2_inp`, un message de guidage demande à l'utilisateur s'il y a lieu de changer les valeurs implicites des coefficients, ce qui fait que ce type de données n'a besoin d'être introduit que lorsque c'est nécessaire. Un exemple est donné à la **figure 8**.

Des renseignements quelque peu différents sont demandés pour les camions. Pour chacun, on peut choisir entre deux méthodes de détermination de la productivité par période de travail :

```
Les réserves de ressources ligneuses de
    l'unité d'aménagement sont-elles à
    corriger [O/N]? o

    1   Abatteuses-groupeuses

Correction à une réserve de ressources
    ligneuses de l'unité [O/N]? n

    2   Abatteuses-ébrancheuses

Correction à une réserve de ressources
    ligneuses de l'unité [O/N]? n

    3   Porteurs

Correction à une réserve de ressources
    ligneuses de l'unité [O/N]? o
ENTRER le coefficient de correction de la
    productivité pour chaque réserve :

    2 Unité de coupe 1              1.00
    3 Unité de coupe 2              0.95
    4 Unité de coupe 3              1.00
    5 Unité de coupe 4              0.90

    4   Ébrancheuses

Correction à une réserve de ressources
    ligneuses de l'unité [O/N]? n
```

**Figure 8.** Données d'entrée pour les facteurs de correction de la productivité des réserves de ressources ligneuses

(1) On peut entrer la vitesse du camion sur chacune des trois catégories de routes. Il faut alors, pour chaque activité où l'on utilise un type de camion, préciser la distance de transport de façon à pouvoir

déterminer le nombre d'aller-retour par période de travail.

(2) Le nombre d'aller-retour par période de travail peut être entré directement pour chaque activité utilisant le type de camion.

Il faut aussi toujours préciser la charge moyenne. La figure 9 donne un exemple de l'entrée, en mode interactif, des charges des camions de la Compagnie forestière hypothétique :

```
Type de camion  1  Description (24 caractères
   au max.):
   >Transport, fûts entiers

Nombre d'unités disponibles : 8

     Pour les quatre prochaines entrées
     concernant les coûts, vous pouvez soit
     entrer les coûts en capital, les coûts
     fixes et les coûts variables en dollars
     par période de travail OU une seule
     valeur en dollars/m**3(auquel cas
     entrer 0 pour chacun des trois coûts
     par période de travail).

Coûts en capital ($/période) : 0
Frais fixes ($/période) : 600
Frais variables ($/période) : 0
Production (m**3/période) : 55
Vitesse moyenne (arrondie au km/h près) :
Routes de catégorie 1 : 70
Routes de catégorie 2 : 60
Routes de catégorie 3 : 5
```

**Figure 9.** Données d'entrée pour un type de camion

Les variations saisonnières de la productivité peuvent être corrigées comme pour les autres types d'engin. Toutefois, on pose comme hypothèse que la productivité du camionnage ne sera modifiée ni par les dimensions des arbres ni par les réserves de ressources ligneuses dont le bois est transporté.

*Activités*

À la figure 10, on donne un exemple des données d'entrée pour l'activité $A_{18}$.

```
Activité n° 18 Fonction (une lettre,
   majuscule ou minuscule) : h

   Réserve de l'unité d'aménagement forestier
     d'où provient le bois : 2
   Description (24 caractères): Porteur (fûts
     entiers)
   Facteur de correction de la productivité
     (par ex. 1,05): 1.20
   N° du type d'engin.: 3

Nombre d'engins-périodes de travail dans
   chaque période (pour l'achat, la vente et
   la demande des usines, écrire «1»)

Le nombre d'engins-périodes de travail est-il
   constant pour toutes les périodes [O/N]? o
Nombre d'engins-périodes de travail
   disponibles chaque jour : 14
Numéro de la réserve que l'on épuise : 13
Numéro de la réserve que l'on alimente : 19
```

**Figure 10.** Données d'entrée pour une activité

Les codes des fonctions sont les suivants :

P → Achat de bois
R → Régénération
H → Récolte
T → Camionnage
S → Vente de bois
M → Demandes des usines

La réserve de l'unité d'aménagement est à préciser pour que l'on puisse y apporter des corrections (à noter que l'on demande le numéro de la **réserve** et non le numéro de l'unité).

Le coefficient de correction de la productivité est appliqué à l'activité et il est multiplié par le produit des autres coefficients de correction précédemment décrits à l'égard des engins. Dans notre présent exemple, l'engin de récolte de type 3 est un porteur, dont le taux de production a été déterminé depuis le transport d'arbres entiers. Dans l'activité $A_{18}$, on se sert des porteurs pour déplacer des fûts entiers, ce qui fait que le taux de production a été augmenté de 20 pour cent. Le nombre d'engins-période de travail est le nombre d'engins (7) disponibles, multiplié par le nombre de périodes de travail dans la journée (2). Si le nombre d'engins-période de travail n'est pas constant, l'utilisateur sera amené à donner le nombre qui correspond à chaque période (la valeur " 0 " indiquant que l'activité ne peut pas se dérouler au cours de la période). Le nombre de réserves épuisées et emplies doit être précisé afin de déterminer l'emplacement de l'activité dans le système de récolte.

Les données exigées pour les autres types d'activités sont semblables, avec les exceptions suivantes :

(1) Pour l'achat et la vente, le prix du bois et le volume maximal de bois que l'on peut acheter ou vendre en une journée doivent être précisés.

(2) La vente de bois et les demandes exercées par les usines n'emplissent pas de réserve.

(3) À l'égard de la demande des usines, le volume journalier de bois demandé doit être précisé.

(4) À l'égard du camionnage, l'utilisateur précise soit le nombre d'aller-retour par période de travail ou, si la vitesse des camions a été donnée, les distances vers l'usine par chacune des trois catégories de

routes (depuis lesquels le nombre d'aller-retour est calculé).

Habituellement, pour les activités qui se partagent le même type d'engin, on rend tous les engins accessibles à chacune des activités.

Activités de tri. - Certains groupes d'activités, outre le transport ou la transformation du bois, comprennent aussi le tri par essence ou par produit final. Dans la Compagnie forestière hypothétique, le camionnage ($A_{24}$ à $A_{31}$) et la vente ($A_{33}$) sont également des activités de tri. Un exemple des données à fournir pour l'un de ces groupes est montré à la figure 11.

```
Groupe de tri n° 1 Nombre de réserves en
    train de se vider : 20
    Nombre d'activités dans le groupe (10 au
    max.): 4

    Entrer le numéro de chaque activité ainsi
      que les pourcentages maximaux et
      minimaux (par ex. «21 30 50»)

    1 >24 40 40
    2 >25 20 30
    3 >26 30 30
    4 >33  0 10
```

**Figure 11.** Données d'entrée pour un groupe d'activités de tri

La somme des pourcentages maximums devrait être d'au moins 100. Les activités $A_{24}$ et $A_{26}$ alimentent l'usine en proportion fixe d'épinette (40 pour cent) et de peuplier (30 pour cent). Les 30 pour cent de pin gris de l'unité 1 ($S_2$) peuvent tous aller à l'usine ou, si la société y trouve son compte, jusqu'à 500 $m^3$/j (le maximum qui peut être vendu - $A_{33}$) ou 10 pour cent du volume de bois sortant de la réserve $S_{20}$ (selon le volume qui est le moindre) peut être vendu sous forme de billes de sciage. Dans la mesure du possible, on devrait conférer de la souplesse aux activités de tri. Dans notre exemple, il faut constater que chaque fois que l'on récolte 40 $m^3$ d'épinette, on récolte également 30 $m^3$ de peuplier. Pour tirer parti du bois modique d'une essence, il se peut que l'on doive aussi récolter du bois coûteux d'une autre essence.

Groupes d'activités. - Pour tout groupe d'activités utilisant le même type d'engin, il est habituel de faire en sorte que tous les engins soient disponibles pour chacune des activités du groupe. Sans contrainte supplémentaire, cela pourrait amener à réserver plus d'engins qu'il y en a de disponibles. La figure 12 montre un exemple de données d'entrée exigées pour prévenir cette affectation en trop.

```
Groupe n° 4   Description (24 caractères au
                max.):
              >Porteurs
              Nombre total d'engins-période
                de travail disponibles pour
                le groupe : 14
              Nombre d'activités dans le
                groupe (20 au max.): 6
              1 Activité n°:  15
              2 Activité n°:  16
              3 Activité n°:  17
              4 Activité n°:  18
              5 Activité n°:  19
              6 Activité n°:  20
```

**Figure 12.** Données d'entrée pour un groupe d'activités

*Contraintes touchant le matériel de plantation*

On a déjà constaté qu'il était possible de limiter le budget annuel de la sylviculture ou de la régénération. Peut-être serait-il nécessaire de fixer des contraintes aux nombres de plants disponibles chaque année pour chaque type de matériel de plantation. En voici un exemple à la figure 13.

```
Type de stock 1  Description:

       >Plants en récipients

       Nombre total disponible : 2000000
       Nombre d'activités de régénération
       employant ce matériel : 3
       1 Activité :  3
       2 Activité :  5
       3 Activité :  7
```

**Figure 13.** Données d'entrée pour déterminer le matériel de plantation nécessaire

Si l'on souhaite soumettre la superficie à régénérer à la contrainte d'une certaine méthode de régénération (plutôt que d'y soumettre le matériel de plantation), on peut le simuler en remplaçant par « 1 » le nombre de plants à l'hectare à préciser pour le type d'engin de régénération (méthode). Le matériel total disponible devient alors la superficie maximale que l'on peut régénérer.

**Correction des données**

L'introduction interactive de données produit quatre fichiers (PERIODS.n, STORES.n, MACHINES.n et ACTIVITIES.n) (PÉRIODES.n, RÉSERVES.n, ENGINS.n et ACTIVITÉ.n) où n est le numéro de la tâche. On peut enchaîner ces fichiers avant d'obtenir un fichier d'impression (TEMPHEAD.OUT) au moyen du programme `temphead`. Pour la Compagnie forestière

hypothétique, les fichiers sont énumérés à l'annexe II. Les enregistrements ultérieurement utilisés par le programme de conversion des données sont identifiés par un numéro de ligne dans les colonnes 130-132. Au moyen d'un éditeur de texte, on peut corriger toute erreur faite durant l'introduction des données dans ces quatre fichiers. Toutefois, il faut veiller à conserver le formatage des données dans les colonnes et du numéro de ligne.

Si aucune modification n'est apportée à l'organigramme, il n'est habituellement pas nécessaire de réintroduire les données en interaction pour vérifier les différents scénarios; les modifications de données peuvent être effectuées de la même façon que les corrections.

**Conversion des données**

Elle est effectuée par le programme `logplan2_prep` qui exige de l'utilisateur qu'il n'entre que le numéro du travail.

Avant d'exécuter le programme, les constantes symboliques de l'instruction PARAMETER devraient être vérifiées pour s'assurer de leur compatibilité avec celles du `logplan2_inp`. Cette instruction renferme trois autres constantes qui peuvent être fixées :

SCALE : Coefficient de cadrage des éléments de la matrice de programmation linéaire (valeur actuelle : 100,0).

PYEAR : Le taux d'intérêt pour l'actualisation des coûts jusqu'à aujourd'hui (valeur actuelle : 0,0).

TREEM3 : Le nombre moyen d'arbres pour un mètre cube (l'étalon du calcul des écarts de la productivité en raison de la dimension des arbres. Valeur actuelle : 8,0).

HDAY : Le nombre d'heures dans chaque période de travail (lorsque l'on calcule le nombre d'aller-retour par période de travail à partir du temps de route des camions. Valeur actuelle : 8,0).

Les valeurs de ces constantes symboliques sont rarement changées.

Le programme `logplan2_prep` prend les enregistrements numérotés dans les fichiers « .n » et en convertit les données en enregistrements de 80 colonnes (fichier LOGPLAN.n), qui sont semblables, quant au formatage, à l'entrée du LOGPLAN d'origine (Newnham, 1975b). On peut également modifier le fichier même si, faute d'en-têtes de colonnes pour orienter l'utilisateur, cette tâche est plus difficile. Il faut également veiller à ce que les modifications soient compatibles pour l'ensemble du fichier. C'est pourquoi l'on conseille à l'utilisateur de ne modifier que les fichiers « .n ».

Le programme `logplan_prep` permet également de produire un petit fichier de sortie, SILVIC.n, qui renferme les données sur l'activité de régénération ainsi que sur le tri et les groupes d'activités. Ces renseignements sont nécessaires plus tard dans la préparation des rapports finaux. L'utilisateur n'a pas à s'en préoccuper.

**Construction de la matrice PL**

La matrice est produite par le programme logplan2 qui s'inspire des programmes en FORTRAN du LOGPLAN d'origine (Newnham, 1975b). La seule entrée provenant de l'utilisateur est le nom du fichier, « LOGPLAN.n » (n restant le numéro du travail)* . Le programme enverra un message d'erreur et il s'arrêtera si les bornes du tableau sont dépassées. L'utilisateur aura alors à corriger le programme principal (dans le système UNIX : « vi logplan2.f ») et restaurer les valeurs des constantes symboliques de l'instruction PARAMETER (l'instruction «comment» [=commentaire] précise le rôle de ces constantes). Le programme principal devra alors être recompilé et rattaché aux programmes `logplan2_opha`, `logplan2_matr`, `logplan2_data`, `logplan2_opsn` et `logplan2_stock` avant de le faire exécuter de nouveau.

Les résultats du programme `logplan2` consistent en quatre fichiers :

(1) LOGPLAN.INP. - Ce fichier renferme les données fondamentales d'entrée dans le format du modèle LOGPLAN d'origine. Outre les données renfermées dans les quatre fichiers «.n», il donne également pour chaque activité les frais d'exploitation en dollars par mètre cube ainsi que les

*Un fichier de changement, CHANGE.DAT, est également nécessaire. Actuellement, il renferme des zéros dans chaque champ, mais il peut servir à débuter le modèle à un autre moment que la première journée de la première période, ou à modifier les données de LOGPLAN.n. À cette fin, l'utilisateur doit très bien connaître le programme ainsi que les variables d'entrée.

éléments de la fonction économique (également en dollars par mètre cube). Ces derniers diffèrent généralement des frais reliés à l'activité, car ils tiennent compte des coûts de détention des stocks dans les réserves que l'on vide et que l'on emplit à la faveur de chaque activité. À noter que les données relatives à la régénération, en hectares, ont été transformées en leur équivalent en volume. Ce fichier peut être imprimé sur papier et il est parfois utile de vérifier les conversions des surfaces.

(2) LOGPLAN.STO. - Ce fichier renferme la plus grande partie des données d'entrée et il sert plus tard à préparer des rapports finals. Puisque les données sont formatées en binaire, il est impossible d'accéder directement au fichier.

(3) TEMP16.DAT. - Ce fichier renferme les éléments de la matrice PL ordonnés en rangées. Plus tard, ces éléments doivent être triés en colonnes.

(4) TEMP17.DAT. - Ce fichier renferme les valeurs du membre de droite, les écarts et les bornes.

**Tri des colonnes**

Les colonnes du fichier TEMP16.DAT sont triées selon l'ordre alphanumérique par le programme `logplan2_sort.sas`, qui utilise la technique SORT de SAS (SAS Institute Inc., 1988).

**Conversion en format MPSX**

Cette conversion est effectuée par le programme `logplan2_conv`, qui n'exige aucune intervention de l'utilisateur. Le résultat s'inscrit dans un format ordinaire MSPX (voir par ex. International Business Machines, 1972) sur le fichier LOGPLAN.MSP. Le premier enregistrement renferme le nom de la fonction économique (toujours OBJ.FUNC pour les analyses du LOGPLAN II). Suivent dans l'ordre ROWS (rangées), COLUMNS (colonnes), RHS (valeurs du côté droit), RANGES (écarts) et BOUNDS (bornes). Les noms des rangées et des colonnes sont du format suivant : *iiijjkl, où * est une lettre (A pour activité, S pour réserve, G pour groupe d'activités, P pour activités de tri, Z pour groupes de réserves et R pour contraintes du stockage). Le champ « iii » désigne le numéro de l'activité, de la réserve et du groupe, etc., tandis que « jj » désigne le numéro de la période. « k » et « l » ne servent que de contraintes proportionnelles : « k » indique le numéro de l'activité et « l » si la contrainte est une égalité (0), une borne inférieure (1) ou une borne supérieure (2). Pour ce qui concerne les contraintes du stockage, le numéro est à deux chiffres seulement et le champ « jj » est le numéro de l'année. Les contraintes se rapportant au budget des travaux sylvicoles sont du format suivant : SILVnn, où nn est le numéro de l'année. Tous les espaces intercalaires sont remplacés par des zéros.

**Optimisation**

L'optimisation est effectuée par le progiciel XMP LP, auquel on accède par le programme `imp`. Ce programme exige un fichier LOGPLAN.SPC, dont un exemple est donné à la figure 14.

```
BEGIN
ROWS 1000
COLUMNS 1200
ELEMENTS 25000
MAX COLUMN 250
MINIMIZE
OBJECTIVE OBJ.FUNC
END
```

**Figure 14.** Exemple d'un fichier LOGPLAN.SPC

Cette version prendra en charge un système plus vaste que celui que montre la figure 3. Les valeurs de ROWS, COLUMNS, etc. peuvent être modifiées en fonction de l'ampleur du problème. L'utilisateur devra répondre en introduisant le nom du fichier d'entrée (sans le suffixe « .MPS », toujours « LOGPLAN »). Pour plus de renseignements sur l'utilisation de XMP, consulter le guide de l'utilisateur (XMP Software Inc., 1989).

On peut utiliser n'importe quel progiciel qui accepte les données d'entrée en format standard MPSX. Toutefois, le formatage des résultats (dans le fichier LOGPLAN.OUT) de ces progiciels peut différer de celui du XMP, ce qui exige des révisions au programme de rédaction des rapports `logplan2_out`.

**Préparation des rapports**

Le résultat de l'optimisation XMP donne le niveau de production pour chaque activité de chaque période de l'année, qui permettrait de réduire au minimum le coût qu'entraîne la satisfaction de la demande des usines. Le programme `logplan2_out` reproduit l'information sous forme de tableaux faciles à

comprendre. D'autres tableaux montrent la superficie régénérée par chaque méthode de régénération, les stocks dans chaque réserve à la fin de chaque période de l'année, le nombre d'engins et d'engins-période de travail exigés pour chaque activité et période de l'année, etc. Un exemple de ce rapport est montré à l'annexe III, pour les opérations de la Compagnie forestière hypothétique décrites dans la figure 3.

Avant d'exécuter le programme, il faut vérifier l'instruction PARAMETER pour s'assurer qu'elle est compatible avec l'instruction homologue de `logplan2`. Un message demandera à l'utilisateur d'indiquer le numéro du travail et, également, s'il est nécessaire de réviser les coûts dans les rapports produits. Pour l'optimisation PL, les éléments de coûts de la fonction économique sont en dollars par mètre cube et se fondent sur l'hypothèse que les frais fixes ($ par période de travail) ne sont imputés que lorsqu'un engin est effectivement en état de fonctionnement. Lorsque l'engin est effectivement programmé pour fonctionner moins de la totalité d'une période de travail, les frais fixes doivent quand même être imputés pour toute la période de travail, et les coûts en dollars par mètre cube seront légèrement plus élevés que ceux qui sont utilisés dans l'optimisation. L'utilisateur peut choisir cette révision ou bien on peut se servir des chiffres originels.

Deux tableaux sont particulièrement intéressants : le tableau de la production et des coûts (tableau 2) et le tableau de la production selon les groupes d'activités (tableau 3). Le tableau 2 donne la superficie récoltée, la récolte de bois dans la concession de la société (l'unité d'aménagement forestier) ainsi que les volumes achetés et vendus, de même que les coûts connexes (à la fois réels et actualisés). Le tableau 3 donne la production de chaque groupe d'engins de même que le taux de leur utilisation. Les abatteuses-ébrancheuses sont utilisées à 100 pour cent durant la période de planification de deux ans, tandis que les abatteuses-groupeuses ne le sont qu'à 76,7 pour cent du temps en moyenne. Cela indiquerait que le remplacement des abatteuses-groupeuses par une abatteuse-ébrancheuse permettrait de diminuer les coûts généraux du bois livré à l'usine.

## CONCLUSION

Le présent rapport a montré comment les opérations de récolte et de régénération, dans une société forestière, peuvent être étudiées au moyen du modèle LOGPLAN II. On a décrit la méthode de construction de l'organigramme des opérations en l'illustrant d'un exemple simple, celui de la Compagnie forestière hypothétique. On a également donné des exemples sur la façon d'entrer les données initiales et sur la structure des tableaux dans lesquels sont mises les données d'entrée, en vue de leur correction ou de leur modification pour l'analyse LOGPLAN. Enfin, un exemple de rapport d'analyse a aussi été inclus.

Comment le modèle LOGPLAN II peut-il aider l'aménagiste? Dans une certaine mesure, cela dépend de l'adaptabilité de celui-ci : est-il prêt à tenir compte des options dans l'élaboration d'un plan d'exploitation? S'il a déjà arrêté l'ordre dans lequel les peuplements seront récoltés de même que les méthodes de coupe et de régénération relatives à ces peuplements, le modèle ne lui donnera qu'une estimation des coûts de l'exécution de ce plan, un coût qu'il connaît déjà probablement. La qualité des données d'entrée est également un facteur important. Si l'on pose l'hypothèse que le taux de production de chaque type d'engin est constant sans égard aux dimensions des arbres, à la saison ou bien au type de peuplement, il y aura vraisemblablement plusieurs solutions optimales (ou presque optimales), et le modèle LOGPLAN ne désignerait pas nécessairement la meilleure d'entre elles. Sachant l'inexistence fréquente de formules qui corrèlent la productivité des engins aux variables qui influent sur cette dernière, le modèle LOGPLAN II utilise des coefficients de correction de la productivité. Lorsque les formules convenables sont connues, ces coefficients peuvent être estimés tout à fait fidèlement. Si ces formules ne sont pas connues, l'aménagiste peut posséder une règle empirique (par exemple la productivité des abatteuses-groupeuses augmente de 25 pour cent chaque fois que le volume des arbres double) ou une impression viscérale (par exemple la productivité des tracteurs de débardage diminue de 10 pour cent en hiver). Une autre façon est d'éprouver les facteurs de productivité sur une large gamme de valeurs afin de déterminer leur importance. Si un facteur se révèle retentir considérablement sur les coûts globaux,

**Tableau 2. Compagnie forestière hypothétique : sommaire de la production et des coûts**

SOMMAIRE DES VOLUMES ET DES COÛTS

| | Coûts et revenus actualisés | | | Coûts et revenus réels | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Volume m**3 | Valeur ($) | ($/m**3) | Volume m**3 | Valeur ($) | ($/m**3) |
| Coût en capital* | | 4734400,00 | 6,022 | | 4734400,00 | 6,022 |
| Frais d'exploitation | | | | | | |
| Coupe** | 786190 | 11662290,00 | 14,834 | 786190 | 11662290,00 | 14,834 |
| Inventaire*** | | 4682,96 | 0,006 | | 4682,96 | 0,006 |
| Total partiel | 786190 | 11666973,00 | 14,840 | 786190 | 11666973,00 | 14,840 |
| Régénération | 4094~ | 3089374,75 | 3,930 | 4094~ | 3089374,75 | 3,930 |
| Total pour le bois de la concession | 786190 | 19490748,00 | 24,791 | 786190 | 19490748,00 | 24,791 |
| Bois acheté | 300000 | 9600000,00 | 32,000 | 300000 | 9600000,00 | 32,000 |
| Production totale | 1086190 | 29090748,00 | 26,782 | 1086190 | 29090748,00 | 26,782 |
| Moins ventes | 19190 | 786790,00 | 41,000 | 19190 | 786790,00 | 41,000 |
| Alimentation totale des usines | 1067000 | 28303958,00 | 26,527 | 1067000 | 28303958,00 | 26,527 |

~ Superficie régénérée et récoltée en ha

* Intérêt sur le capital investi dans les engins plus l'amortissement. Ce poste est imputé à chaque engin sans égard au fait qu'il ait été programmé ou non pour les opérations. Le coût en $/m**3 est obtenu par division du coût total en capital par le volume de bois produit sur la concession forestière.

** N'inclut pas l'intérêt sur le capital.

*** Le coût de stockage en $/m**3 est obtenu par division du coût total de stockage par le volume de bois récolté dans la concession. Ce frais n'est imputé qu'au bois récolté sur la concession.
Taux d'actualisation : 0,000 %/an.

*Nota bene* : le texte dans la première colonne est écrit en anglais dans le programme

**Tableau 3. Compagnie forestière hypothétique : production et utilisation par groupe d'activités**

PRODUCTION DES GROUPES D'ACTIVITÉS

| | | | Production (*) au cours de la période : | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° du groupe | Description | Production total (*) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Brûlage des rémanents, régénération. naturelle | 1760 | 160 | 360 | 160 | 200 | 160 | 360 | 160 | 200 |
| | | (0,5) | (0,5) | (0,5) | (0,5) | (0,5) | (0,5) | (0,5) | (0,5) | (0,5) |
| 2 | Abatteuses-groupeuses | 433884 | 32069 | 100179 | 41674 | 55500 | 14080 | 96470 | 40932 | 52981 |
| | | (76,5) | (70,7) | (78,9) | (82,7) | (88,1) | (31,0) | (79,5) | (83,0) | (86,1) |
| 3 | Abatteuses-ébrancheuses | 329536 | 26936 | 72215 | 29249 | 36561 | 26550 | 72215 | 29249 | 36561 |
| | | (100,0) | (100,0) | (100,0) | (100,0) | (100,0) | (100,0) | (100,0) | (100,0) | (100,0) |
| 4 | Porteurs | 763420 | 59005 | 172394 | 70923 | 92061 | 40630 | 168685 | 70181 | 89541 |
| | | (83,0) | (90,1) | (81,4) | (97,9) | (83,5) | (60,4) | (78,6) | (97,9) | (81,9) |
| 5 | Ébrancheuses | 433884 | 32069 | 98679 | 43174 | 54000 | 15580 | 94970 | 42432 | 52981 |
| | | (91,9) | (74,2) | (100,0) | (100,0) | (100,0) | (36,1) | (100,0) | (100,0) | (100,0) |
| 6 | Camions de transport de fûts entiers | 754230 | 63721 | 169694 | 70823 | 88561 | 39724 | 164085 | 70081 | 87541 |
| | | (68,9) | (67,7) | (75,6) | (68,0) | (67,8) | (42,1) | (74,2) | (70,6) | (70,6) |

*Pour la régénération, les grandeurs sont en hectares; dans les autres groupes en m**3.

(Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'utilisation des engins affectées au groupe.)

l'aménagiste voudrait peut-être en obtenir des données précises.

Si l'on suppose que l'aménagiste possède une attitude souple et qu'il dispose d'une bonne base de données, le LOGPLAN peut aider à réduire au minimum les coûts de la récolte et de la régénération, comme suit :

(1) Il peut donner une estimation des coûts de la récolte et de la régénération pour la période de planification. Cette estimation peut servir de guide pour l'établissement du budget.
(2) Pour chaque type d'engin et pour chaque période d'exploitation, il peut indiquer les activités où les engins seront en fonctionnement, le nombre minimal d'engins qui seront exigés et le nombre d'engins-périodes de travail qui seront exécutés.
(3) Si les activités auxquelles un type d'engin convient sont groupées, le pourcentage d'utilisation dans le groupe est calculé. Une valeur de beaucoup inférieure à 100 pour cent indiquerait que peut-être a-t-on besoin de moins d'engins. Réciproquement, un taux d'utilisation de 100 pour cent montrerait peut-être la nécessité de plus d'engins.
(4) Pour chaque activité, le modèle calcule la production, tant totale que pour chaque période, en mètres cubes ou en hectares.
(5) Pour chaque méthode de régénération, la superficie totale traitée et le nombre de plants exigés sont donnés.
(6) Pour chaque réserve, le stock est donné à la fin de chaque période de l'année et, également, les coûts totaux de stockage.

L'utilité la plus importante du modèle LOGPLAN réside dans la possibilité d'éprouver différentes stratégies de planification (hypothèses). Une analyse initiale peut désigner les points à modifier afin de réduire les coûts d'ensemble qui découlent de la satisfaction de la demande des usines. Une analyse ultérieure permet de déterminer si ces changements amènent des économies. L'effet d'un arrêt prévu de travail peut être simulé ou, encore, l'aménagiste peut vouloir vérifier un scénario pessimiste.

Que ne fait pas le modèle LOGPLAN pour l'aménagiste? Le modèle ne programme le matériel que par périodes (saisons). Ces périodes s'étendent habituellement sur 20 à 90 jours ouvrables et ne sont d'aucune utilité dans la planification journalière. (En théorie, les périodes pourraient être des semaines, mais cela accroîtrait considérablement les dimensions de la matrice PL, et, à moins qu'il n'y ait d'écart marqué des coûts ou du taux de production d'une semaine à l'autre. Autrement, il serait en vain de pousser la précision à ce point). Le modèle LOGPLAN n'affecte pas non plus le matériel à des peuplements précis mais plutôt à des groupes de peuplements de composition semblables dans la même région générale. Ainsi, il relève de l'aménagiste ou du superviseur local de mettre en œuvre l'ordonnancement journalier, tâche qui relève en effet de cette personne.

Le modèle LOGPLAN a évolué au cours des quinze dernières années et continuera de le faire. Avec la poursuite des études sur le terrain, des demandes d'options ou de contraintes nouvelles seront sans doute faites et par la suite, elles seront intégrées au modèle. Les progrès des techniques informatiques, tant sur le plan du matériel que sur celui des logiciels, pourront également amener des améliorations. Toutefois, même dans sa forme actuelle, le modèle LOGPLAN II peut servir d'un outil précieux à l'aménagiste qui élabore des plans d'exploitation.

## RÉFÉRENCES


Armstrong, G.W.; Beck Jr, J.A.; Phillips, B.L. 1984. Relaxing even-flow constraints to avoid infeasibility with the Timber Resources Allocation Method (RAM). Can. J. Forest Res. 14: 860-863.

Bare,B.B.; Mendoza, G.A. 1988. A soft optimization approach to forest land management planning. Can. J. Forest Res. 18: 545-552.

Bobbe, T.J. 1987. An application of a geographic information system to the timber sale planning process on the Tongass National Forest - Ketchikan Area. Pages 554-562 *in* Am. Soc. Photogram. Rem. Sens., Am. Congr. Survey. Mapp., Falls Church, VA. Proc. GIS '87 2nd. An. Internat. Conf., San Francisco, October 26-30, 1987.

Chappelle, D.E.; Mang, M.; Miley, R.C. 1976. Evaluation of Timber RAM as a forest management planning model. J. For. 74: 288-293.

Clements, S.E.; Dallain, P.L.; Jamnick, M.S. 1990. An operational, spatially constrained harvest scheduling model. Can. J. Forest Res.: 30: 1438-1447.

Gingras, J.-F. 1988. The feller-buncher/grapple-skidder system: optimizing bunch size. Forest Eng. Res. Inst. Can., Tech. Rep. TR-81.

Greene, W.D.; Lanford, B.L. 1984. Geometric simulation of feller-bunchers in southern pine plantation thinning. Am. Soc. Agric. Eng., 1984 Winter Meeting, New Orleans, LA, Pap. 84-1612.

Hassler, C.C.; Disney, R.L.; Sinclair, S.A. 1988. A discrete state, continuous parameter Markov process approach to timber harvesting systems analysis. Forest Sci. 34: 276-291.

Hoganson, H.M.; Rose, D.W. 1987. A model for recognizing forestwide risk in timber management scheduling. Forest Sci. 33: 268-282.

International Business Machines. 1972. Mathematical programming system - extended (MPSX) and generalized upper bounding (GUB) program description. Program No. 5734-XM4. Internat. Bus. Mach. Corp., White Plains, NY.

Jamnick, M.S. 1990. A comparison of FORMAN and linear programming approaches to timber harvest scheduling. Can. J. Forest Res. 20: 1351-1360.

Jamnick, M.S.; Davis, L.S.; Gilless, J.K. 1990. Influence of land classification systems on timber harvest scheduling models. Can. J. Forest Res. 20: 172-178.

Kao, C.; Brodie, J.D. 1979. Goal programming for reconciling economic, even-flow, and regulation objectives in forest harvesting scheduling. Can. J. Forest Res. 9: 525-531.

Kotak, D.B.; Jones, R.K.; Whale, K. 1990. Decision support systems in forestry: the management of complexity. Can. Forest Indust. 110(10): 36-44.

Lougheed, W.H. 1988. Spatial analysis in timber management planning. School For., Lakehead Univ., Thunder Bay, Ont.

Marshall, P.L. 1986. A decision context for timber supply modelling. For. Chron. 62: 533-536.

Marshall, P.L. 1988. A procedure for constructing timber management strategies under uncertainty. Can. J. Forest Res. 18: 398-405.

Mellgren, P.G. 1990. Predicting the performance of harvesting systems in different operating conditions. Forest Eng. Res Inst. Can., Spec. Rep. SR-67.

Mendoza, G.A.; Bare, B.B.; Cambell, G.E. 1987. Multiobjective programming for generating alternatives: a multiple-use planning example. Forest Sci. 33: 458-468.

Mendoza, G.A.; Sprouse, W. 1989. Forest planning and decision making under fuzzy environments: an overview and illustration. Forest Sci. 35: 481-502.

Moore, T.G.E.; Lockwood, C.G. 1990. The HSG wood supply model: description and user's manual. For. Can. Inf. Rep. PI-X-98.

Navon, D.I. 1971. Timber Ram ... a long range planning method for commercial timber lands under multiple-use management. USDA Forest Serv. Res. Rep. PSW-70.

Nelson, J.; Brodie, J.D. 1990. Comparison of a random search algorithm and mixed integer programming for solving area-based forest plans. Can. J. Forest Res. 20: 934-942.

Nelson, J.; Brodie, J.D.; Sessions, J. 1988. Integrating short-term spatially feasible harvest plans with long-term harvest schedules using Monte Carlo integer programming and linear programming. USDA Forest Serv., Rocky Mount. Forest Range Exp. Sta. Gen. Tech. Rep. RM-161.

Newnham, R.M. 1975a. LOGPLAN - a model for planning logging operations. Can. Dep. Environ., Forest Manage. Inst. Inf Rep. FMR-X-77.

Newnham, R.M. 1975b. The FORTRAN program for LOGPLAN - a model for planning logging operations. Can. Dep. Environ., Forest Manage. Inst. Inf Rep. FMR-X-78.

Newnham, R.M. 1976. Computer may cut costs $1-2/cord. Pulp Pap. Can. 77(9): 73-79.

Newnham, R.M.; Sjunnesson, S. 1969. A FORTRAN program to simulate harvesting machines for mechanized thinning. Can. Dep. Fish. For., Forest Manage. Inst. Inf. Rep. FMR-X-23.

O'Hara, A.J.; Faaland, B.H.; Bare, B.B. 1989. Spatially constrained timber harvest scheduling. Can. J. Forest Res. 19: 715-724.

Reed, W.J.; Errico, D. 1986. Optimal harvest scheduling at the forest level in the presence of the risk of fire. Can. J. Forest Res. 16: 266-278.

SAS Institute Inc. 1988. SAS® procedures guide, release 6.03 edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Sessions, J.; Paredes, G. 1987. A solution procedure for the sort yard location problem in forest operations. Forest Sci. 33: 750-762.

Torres-Rojo, J.M.; Brodie, J.D. 1990. Adjacency constraints in harvest scheduling: an aggregation heuristic. Can. J. Forest Res. 20: 978-986.

Twito, R.H.; Reutebuch, S.E.; McGaughey, R.J.; Mann, C.N. 1987. Preliminary logging analysis system (PLANS): overview. USDA Forest Serv., Pacific Northw. Res. Sta. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-199.

Walker, H.D.; Lougheed, W.H. 1989. Road network designs in wood supply analysis. For. Chron. 65: 431-440.

Walker, H.D.; Priess, S.W. 1988. Operational planning using mixed integer programming. For. Chron. 64: 485-488.

Wightman, R.; Jordan, G. 1990. Harvest distribution planning in New Brunswick. Can. Forest Indust. 110(8): 19-22.

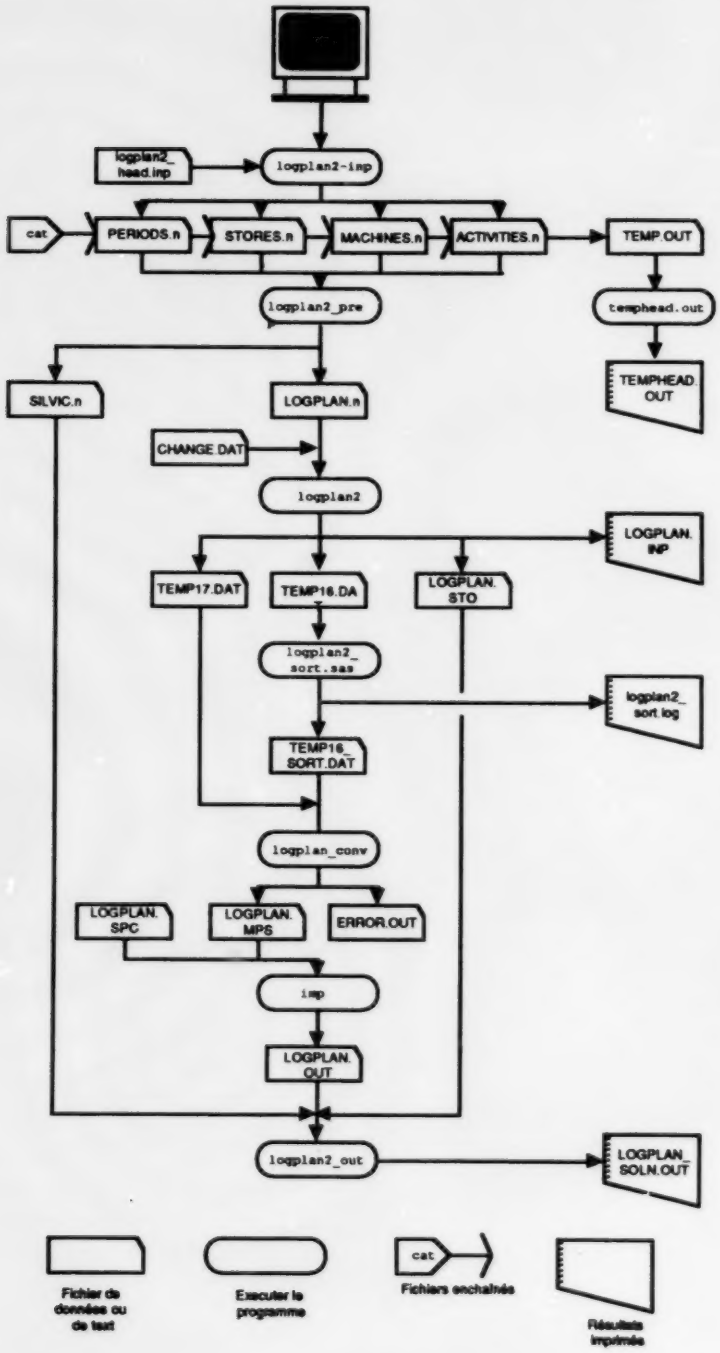
XMP Software Inc. 1989. XLP technical reference manual. XMP Software Inc., Tucson, AZ.

## ANNEXE I

Organigramme montrant l'enchaînement des programmes ainsi que des fichiers d'entrée et de sortie du LOGPLAN II

# Annexe I

## Organigramme montrant l'enchaînement des programmes ainsi que des fichiers d'entrée et de sortie du Logplan II



## ANNEXE II

Énumération des fichiers de données intermédiaires (fichiers « .n »)

| | | |
|---|---|---|
| Number of years in plan (max. = 5): | 2 | 1 |
| Number of operating periods per year - max.= 20): | 4 | 2 |
| Total number of stores (max. = 50): | 25 | 3 |
| Number of purchased-wood stores (max. = 10): | 1 | 4 |
| Number of mangement unit stores (max. = 8): | 4 | 5 |
| Number of groups of stores (max. = 10): | 1 | 6 |
| Total number of activities (max. = 60): | 36 | 7 |
| Number of wood-purchasing activities (max. = 60): | 1 | 8 |
| Number of wood-selling activities (max. = 60): | 1 | 9 |
| Number of activity groups (max. = 10): | 6 | 10 |
| Number of mill demands (max. = 10): | 3 | 11 |
| Number of groups of sorting activities (max. = 10): | 3 | 12 |
| Number of regeneration machine types (max.= 10): | 3 | 13 |
| Number of harvesting machine types (max. = 10): | 4 | 14 |
| Number of truck types (max. = 10): | 1 | 15 |
| Number of planting-stock constraints (max. = 10): | 2 | 16 |
| Annual silvicultural (regeneration) budget ($): | 2000000 | 17 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company File: PERIODS.1

Number of operating days in each period (season)

| Period No. | From | To | No. of days | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 01 AVR 1991 | 31 MAY 1991 | 40 | 18 |
| 2 | 01 JUN 1991 | 15 OCT 1991 | 90 | 19 |
| 3 | 16 OCT 1991 | 15 DEC 1991 | 40 | 20 |
| 4 | 16 DEC 1991 | 31 MAR 1991 | 50 | 21 |
| 5 | 01 AVR 1992 | 31 MAY 1992 | 40 | 22 |
| 6 | 01 JUN 1992 | 15 OCT 1992 | 90 | 23 |
| 7 | 16 OCT 1992 | 15 DEC 1992 | 40 | 24 |
| 8 | 16 DEC 1992 | 31 MAR 1992 | 50 | 25 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company File: STORES.1

Number of wood resource stores: 5
Purchased wood stores: 1
Management unit stores: 4

| Store No. | Type | Description: | Inventory (m**3) Initial | Final | Area (ha) | No. of trees/ (m**3) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PUR | Épinette achetée | 400000 | 100000 | 0 | 0.0 | 1 |
| 2 | FMU | Unité d'exploitation 1 | 240000 | 50000 | 1200 | 6.5 | 2 |
| 3 | FMU | Unité d'exploitation 2 | 280000 | 100000 | 1350 | 7.0 | 3 |
| 4 | FMU | Unité d'exploitation 3 | 440000 | 200000 | 2500 | 8.0 | 4 |
| 5 | FMU | Unité d'exploitation 4 | 300000 | 250000 | 2000 | 10.0 | 5 |

Run.No. 1 Hypothetical Forest Company

Total number of stores: 25
Intermediate stores: 17
Mill blockpiles: 3

| Store No. | Type | Description: | Inventory (m**3) Initial | Maximum | Final | Inventory charge ($/shift) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | INT | Unité 1: régénérée | 0 | 0 | 0 | 0.000 |
| 7 | INT | Unité 2: régénérée | 0 | 0 | 0 | 0.000 |
| 8 | INT | Unité 3: régénérée | 0 | 0 | 0 | 0.000 |
| 9 | INT | Unité 4: régénérée | 0 | 0 | 0 | 0.000 |
| 10 | INT | Unité 2: AE à la souche | 0 | 0 | 0 | 0.003 |
| 11 | INT | Unité 3: AE à la souche | 0 | 0 | 0 | 0.003 |
| 12 | INT | Unité 4: AE à la souche | 0 | 0 | 0 | 0.003 |
| 13 | INT | Unité 1: FE à la souche | 0 | 0 | 0 | 0.004 |
| 14 | INT | Unité 2: FE à la souche | 0 | 0 | 0 | 0.004 |
| 15 | INT | Unité 3: FE à la souche | 0 | 0 | 0 | 0.004 |
| 16 | INT | Unité 2: AE au bas-côté | 0 | 500 | 0 | 0.006 |
| 17 | INT | Unité 3: AE au bas-côté | 0 | 500 | 0 | 0.006 |
| 18 | INT | Unité 4: AE au bas-côté | 0 | 500 | 0 | 0.006 |
| 19 | INT | Unité 1: FE au bas-côté | 1900 | 10000 | 10000 | 0.008 |
| 20 | INT | Unité 2: FE au bas-côté | 2200 | 10000 | 10000 | 0.008 |
| 21 | INT | Unité 3: FE au bas-côté | 3500 | 10000 | 10000 | 0.008 |
| 22 | INT | Unité 4: FE au bas-côté | 2400 | 10000 | 10000 | 0.008 |
| 23 | BLK | Usine (Pile): épinette | 10000 | -999 | 10000 | 0.000 |
| 24 | BLK | Usine (Pile): pin gris | 2500 | -999 | 2500 | 0.000 |
| 25 | BLK | Usine (Pile): peuplier | 750 | -999 | 750 | 0.000 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Number of groups of stores: 1

| Group No. | Description: | No. of stores | Maximum Inventory (m**3) | Stores in group: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | FE au bord de la route | 4 | 10000 | 19 | 20 | 21 | 22 | |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

File: MACHINES.1

No. of regeneration machine (or unit) types 3

| Unit No. | Function | Description: | No. of Units | Operating costs ($/shift) Capital | Fixed | Variable | OR Cost ($/ha) | Production (ha/shift) | Plants or seeds/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | R | brûl. de rém., rég. nat. | 2 | 0 | 0 | 0 | 500.00 | 2 | 0 |
| 2 | R | Scarifier, racine nue | 2 | 0 | 0 | 0 | 900.00 | 10 | 1200 |
| 3 | R | Scarifier, conteneurs | 3 | 0 | 0 | 0 | 1000.00 | 10 | 1500 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Tree size and periodic (seasonal) productivity adjustment factors

| Unit No. | Tree size factor | Factor in period: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Resource store productivity adjustment factors

| Unit No. | Factor in wood resource store: 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company File: MACHINES.1

No. of harvesting machine (or unit) types 4

| Unit No. | Function | Description: | No. of Units | Operating costs ($/shift) Capital | Fixed | Variable | OR Cost ($/m**3) | Production (m**3/shift) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | H | Abatteuses-groupeuses | 7 | 240 | 260 | 200 | 5.11 | 90 | 10 |
| 2 | H | Abatteuses-ébrancheuses | 5 | 260 | 260 | 200 | 7.08 | 65 | 11 |
| 3 | H | Porteurs | 7 | 240 | 320 | 200 | 3.85 | 135 | 12 |
| 4 | H | Ébrancheuses | 3 | 240 | 260 | 200 | 2.56 | 180 | 13 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Tree size and periodic (seasonal) productivity adjustment factors

| Unit No. | Tree size factor | Factor in period: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.50 | 0.90 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 14 |
| 2 | 1.60 | 0.90 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 15 |
| 3 | 1.00 | 0.80 | 1.20 | 0.90 | 1.10 | 0.80 | 1.20 | 0.90 | 1.10 | 16 |
| 4 | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 17 |

Resource store productivity adjustment factors

| Unit No. | Factor in wood resource store: 2 | 3 | 4 | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 18 |
| 2 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 19 |
| 3 | 1.00 | 0.95 | 1.00 | 0.90 | 20 |
| 4 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 21 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company File: MACHINES.1

No. of trucking machine (or unit) types 1

| Unit No. | Function | Description: | No. of Units | Load size (m**3) | Speed (km/h) on road class: 1 | 2 | 3 | Operating costs ($/shift) Capital | Fixed | Variable | OR Cost ($/m**3. km) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | T | Camions-FE | 8 | 55 | 70 | 60 | 5 | 0 | 600 | 0 | 0.000 | 22 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Tree size and periodic (seasonal) productivity adjustment factors

| Unit No. | Tree size factor | Factor in period: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.00 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 23 |

Resource store productivity adjustment factors

| Unit No. | Factor in wood resource store: 2 | 3 | 4 | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 24 |

Total No. of activities: 36

| Activity No. | Function | Resource store No. | Description: | Productivity adjustment factor | Machine type No. | Store emptied | Store filled | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | P | 0 | Acheter de l'épinette | 1.00 | 0 | 1 | 23 | 1 |
| 2 | R | 2 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 1.00 | 1 | 2 | 6 | 2 |
| 3 | R | 2 | Scarifier: conteneurs | 1.00 | 3 | 2 | 6 | 3 |
| 4 | R | 3 | Scarifier: racine nue | 1.00 | 2 | 3 | 7 | 4 |
| 5 | R | 3 | Scarifier: conteneurs | 1.00 | 3 | 3 | 7 | 5 |
| 6 | R | 4 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 1.00 | 1 | 4 | 8 | 6 |
| 7 | R | 4 | Scarifier: conteneurs | 1.00 | 3 | 4 | 8 | 7 |
| 8 | R | 5 | Scarifier: racine nue | 1.00 | 2 | 5 | 9 | 8 |
| 9 | H | 2 | Abatteuse-ébrancheuse | 1.00 | 2 | 6 | 13 | 9 |
| 10 | H | 3 | Abatteuse-groupeuse | 1.00 | 1 | 7 | 10 | 10 |
| 11 | H | 3 | Abatteuse-ébrancheuse | 1.00 | 2 | 7 | 14 | 11 |
| 12 | H | 4 | Abatteuse-groupeuse | 1.00 | 1 | 8 | 11 | 12 |
| 13 | H | 4 | Abatteuse-ébrancheuse | 1.00 | 2 | 8 | 15 | 13 |
| 14 | H | 5 | Abatteuse-groupeuse | 1.00 | 1 | 9 | 12 | 14 |
| 15 | H | 3 | Transporteur (AE) | 1.00 | 3 | 10 | 16 | 15 |
| 16 | H | 4 | Transporteur (AE) | 1.00 | 3 | 11 | 17 | 16 |
| 17 | H | 5 | Transporteur (AE) | 1.00 | 3 | 12 | 18 | 17 |
| 18 | H | 2 | Transporteur (PE) | 1.20 | 3 | 13 | 19 | 18 |
| 19 | H | 3 | Transporteur (PE) | 1.20 | 3 | 14 | 20 | 19 |
| 20 | H | 4 | Transporteur (PE) | 1.20 | 3 | 15 | 21 | 20 |
| 21 | H | 3 | Ébrancheuse | 1.00 | 4 | 16 | 20 | 21 |
| 22 | H | 4 | Ébrancheuse | 1.00 | 4 | 17 | 21 | 22 |
| 23 | H | 5 | Ébrancheuse | 1.00 | 4 | 18 | 22 | 23 |
| 24 | T | 2 | Camion - épinette | 1.00 | 1 | 19 | 23 | 24 |
| 25 | T | 2 | Camion - pin gris | 1.00 | 1 | 19 | 24 | 25 |
| 26 | T | 2 | Camion - peuplier | 1.00 | 1 | 19 | 25 | 26 |
| 27 | T | 3 | Camion - épinette | 1.00 | 1 | 20 | 23 | 27 |
| 28 | T | 3 | Camion - pin gris | 1.00 | 1 | 20 | 24 | 28 |
| 29 | T | 3 | Camion - peuplier | 1.00 | 1 | 20 | 25 | 29 |
| 30 | T | 4 | Camion - épinette | 1.00 | 1 | 21 | 23 | 30 |
| 31 | T | 4 | Camion - pin gris | 1.00 | 1 | 21 | 24 | 31 |
| 32 | T | 5 | Camion - épinette | 1.00 | 1 | 22 | 23 | 32 |
| 33 | S | 0 | Vente: billes de pin | 1.00 | 0 | 19 | 0 | 33 |
| 34 | M | 0 | Dem. (usine): épinette | 1.00 | 0 | 23 | 0 | 34 |
| 35 | M | 0 | Dem. (usine): pin gris | 1.00 | 0 | 24 | 0 | 35 |
| 36 | M | 0 | Dem. (usine): peuplier | 1.00 | 0 | 25 | 0 | 36 |



Number of machine-shifts available in each period

| Activity No. | Description | Period No.: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Acheter de l'épinette | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 37 |
| 2 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 38 |
| 3 | Scarifier: conteneurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 39 |
| 4 | Scarifier: racine nue | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 40 |
| 5 | Scarifier: conteneurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41 |
| 6 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 42 |
| 7 | Scarifier: conteneurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 43 |
| 8 | Scarifier: racine nue | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 44 |
| 9 | Abatteuse-ébrancheuse | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 45 |
| 10 | Abatteuse-groupeuse | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 46 |
| 11 | Abatteuse-ébrancheuse | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 47 |
| 12 | Abatteuse-groupeuse | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 48 |
| 13 | Abatteuse-ébrancheuse | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 49 |
| 14 | Abatteuse-groupeuse | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 50 |
| 15 | Transporteur (AE) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 51 |
| 16 | Transporteur (AE) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 52 |
| 17 | Transporteur (AE) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 53 |
| 18 | Transporteur (PE) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 54 |
| 19 | Transporteur (PE) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 55 |
| 20 | Transporteur (PE) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 56 |
| 21 | Ébrancheuse | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 57 |
| 22 | Ébrancheuse | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 58 |
| 23 | Ébrancheuse | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 59 |
| 24 | Camion - épinette | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 60 |
| 25 | Camion - pin gris | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 61 |
| 26 | Camion - peuplier | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 62 |
| 27 | Camion - épinette | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 63 |
| 28 | Camion - pin gris | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 64 |
| 29 | Camion - peuplier | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 65 |
| 30 | Camion - épinette | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 66 |
| 31 | Camion - pin gris | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 67 |
| 32 | Camion - épinette | 0 | 16 | 16 | 16 | 0 | 16 | 16 | 16 | 68 |
| 33 | Vente: billes de pin | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 69 |
| 34 | Dem. (usine): épinette | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 70 |
| 35 | Dem. (usine): pin gris | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 71 |
| 36 | Dem. (usine): peuplier | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 72 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Number of wood-purchasing activities: 1
Number of wood-selling activities: 1
Number of mill demands: 3

| Activity No. | Function | Description: | Price ($/m**3) | Volume (m**3/shift) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | P | Achat de l'épinette | 32.00 | 1500 |
| 33 | S | Vente: billes de pin | 41.00 | 500 |
| 34 | M | Dem. (usine): épinette | 0.00 | 1900 |
| 35 | M | Dem. (usine): pin gris | 0.00 | 350 |
| 36 | M | Dem. (usine): peuplier | 0.00 | 175 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Hauling distances for trucking activities

Number of trucking activities: 9

| Activity No. | Function | Description: | Hauling distance (km) Road class: 1 | 2 | 3 | Number of round-trips/ shift |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | T | Camion - épinette | 40 | 10 | 3 | 0.0 |
| 25 | T | Camion - pin gris | 40 | 10 | 3 | 0.0 |
| 26 | T | Camion - peuplier | 40 | 10 | 3 | 0.0 |
| 27 | T | Camion - épinette | 60 | 5 | 2 | 0.0 |
| 28 | T | Camion - pin gris | 60 | 5 | 2 | 0.0 |
| 29 | T | Camion - peuplier | 60 | 5 | 2 | 0.0 |
| 30 | T | Camion - épinette | 55 | 10 | 2 | 0.0 |
| 31 | T | Camion - pin gris | 55 | 10 | 2 | 0.0 |
| 32 | T | Camion - peuplier | 65 | 20 | 4 | 0.0 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Number of groups of sorting activities: 3

| Group No. | Store | No. of emptied activities | Activities | Description | Percentage of total production for group: Minimum | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19 | 4 | 24 | Camion - épinette | 40 | 40 |
| | | | 25 | Camion - pin gris | 20 | 30 |
| | | | 26 | Camion - peuplier | 30 | 30 |
| | | | 33 | Vente - billes de pin | 0 | 10 |
| 2 | 20 | 3 | 27 | Camion - épinette | 75 | 75 |
| | | | 28 | Camion - pin gris | 15 | 15 |
| | | | 29 | Camion - peuplier | 10 | 10 |
| 3 | 21 | 2 | 30 | Camion - épinette | 75 | 75 |
| | | | 31 | Camion - pin gris | 25 | 25 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Number of activity groups: 6

| Group No. | Description: | Total No. of machines | No. of activities | Activity No. | Description: | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 2 | 2 | 2 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 96 |
| | | | | 6 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 97 |
| 2 | Abatteuse-groupeuse | 14 | 3 | 10 | Abatteuse-groupeuse | 98 |
| | | | | 12 | Abatteuse-groupeuse | 99 |
| | | | | 14 | Abatteuse-groupeuse | 100 |
| 3 | Abatteuse-ébrancheuse | 10 | 3 | 9 | Abatteuse-ébrancheuse | 101 |
| | | | | 11 | Abatteuse-ébrancheuse | 102 |
| | | | | 13 | Abatteuse-ébrancheuse | 103 |
| 4 | Transporteur | 14 | 6 | 15 | Transporteur (AE) | 104 |
| | | | | 16 | Transporteur (AE) | 105 |
| | | | | 17 | Transporteur (AE) | 106 |
| | | | | 18 | Transporteur (FE) | 107 |
| | | | | 19 | Transporteur (FE) | 108 |
| | | | | 20 | Transporteur (FE) | 109 |
| 5 | Ébrancheuse | 6 | 3 | 21 | Ébrancheuse | 110 |
| | | | | 22 | Ébrancheuse | 111 |
| | | | | 23 | Ébrancheuse | 112 |
| 6 | Camion - AE | 16 | 9 | 24 | Camion épinette | 113 |
| | | | | 25 | Camion pin gris | 114 |
| | | | | 26 | Camion peuplier | 115 |
| | | | | 27 | Camion épinette | 116 |
| | | | | 28 | Camion pin gris | 117 |
| | | | | 29 | Camion peuplier | 118 |
| | | | | 30 | Camion épinette | 119 |
| | | | | 31 | Camion pin gris | 120 |
| | | | | 32 | Camion peuplier | 121 |

Run No. 1 Hypothetical Forest Company

Number of planting stock constraints: 2

| Stock type | Description | Total No. of plants or seeds | No. of activities | Activity No. | Description | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Plants en conteneur | 2000000 | 3 | 3 | Scarifier: conteneurs | 122 |
| | | | | 5 | Scarifier: conteneurs | 123 |
| | | | | 7 | Scarifier: conteneurs | 124 |
| 2 | Plants à racine nue | 1500000 | 2 | 4 | Scarifier: racine nue | 125 |
| | | | | 8 | Scarifier: racine nue | 126 |

## ANNEXE III

**Exemple de rapports de sortie produit par LOGPLAN II pour la Compagnie forestière hypothétique**

Job No. 1 Run No. 1

Hypothetical Forest Company

L I N E A R  P R O G R A M M I N G  S O L U T I O N

SCHEDULED PRODUCTION PER PERIOD

| Activity No. | Total Production (m**3) | Production (m**3) in period: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 300000 | 26139 | 78861 | 60000 | 75000 | 60000 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 190000 | 26936 | 35999 | 16000 | 20000 | 19065 | 35999 | 16000 | 20000 |
| 10 | 49864 | 0 | 48864 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 | 0 |
| 11 | 139536 | 0 | 36216 | 13249 | 16561 | 7485 | 36216 | 13249 | 16561 |
| 12 | 334020 | 32069 | 37212 | 41674 | 54500 | 14080 | 75971 | 34451 | 44063 |
| 14 | 50000 | 0 | 14102 | 0 | 500 | 0 | 19998 | 6482 | 8917 |
| 15 | 49864 | 0 | 48864 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 | 0 |
| 16 | 334020 | 32069 | 37212 | 41674 | 54500 | 14080 | 75971 | 34451 | 44063 |
| 17 | 50000 | 0 | 14102 | 0 | 500 | 0 | 19998 | 6482 | 8917 |
| 18 | 190000 | 26936 | 35999 | 16000 | 20000 | 19065 | 35999 | 16000 | 20000 |
| 19 | 139536 | 0 | 36216 | 13249 | 16561 | 7485 | 36216 | 13249 | 16561 |
| 21 | 49864 | 0 | 48364 | 500 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 |
| 22 | 334020 | 32069 | 36712 | 42174 | 54000 | 14580 | 75471 | 34951 | 44063 |
| 23 | 50000 | 0 | 13602 | 500 | 0 | 500 | 19498 | 6982 | 8917 |
| 24 | 76760 | 11534 | 14400 | 6400 | 8000 | 7626 | 14400 | 6400 | 8000 |
| 25 | 38380 | 5767 | 7200 | 3200 | 4000 | 3813 | 7200 | 3200 | 4000 |
| 26 | 57570 | 8651 | 10800 | 4800 | 6000 | 5720 | 10800 | 4800 | 6000 |

Job No. 1 Run No. 1

SCHEDULED PRODUCTION PER PERIOD

| Activity No. | Total Production (m**3) | Production (m**3) in period: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 143700 | 1650 | 63435 | 10312 | 12421 | 5989 | 27162 | 10312 | 12421 |
| 28 | 28740 | 330 | 12687 | 2062 | 2484 | 1198 | 5432 | 2052 | 2484 |
| 29 | 19160 | 220 | 8458 | 1375 | 1656 | 798 | 3622 | 1375 | 1656 |
| 30 | 253140 | 26677 | 27534 | 31630 | 40500 | 10935 | 56603 | 26213 | 33048 |
| 31 | 84380 | 8892 | 9178 | 10543 | 13500 | 3645 | 18868 | 8738 | 11016 |
| 32 | 52400 | 0 | 16002 | 500 | 0 | 0 | 19998 | 6982 | 8917 |
| 33 | 19190 | 2884 | 3600 | 1600 | 2000 | 1907 | 3600 | 1600 | 2000 |
| 34 | 836000 | 76000 | 171000 | 76000 | 95000 | 76000 | 171000 | 76000 | 95000 |
| 35 | 154000 | 14000 | 31500 | 14000 | 17500 | 14000 | 31500 | 14000 | 17500 |
| 36 | 77000 | 7000 | 15750 | 7000 | 8750 | 7000 | 15750 | 7000 | 8750 |

**AREAS HARVESTED AND REGENERATED**

| Activity No. | Total area (ha) | Area harvested (ha) in period: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 880 | 80 | 179 | 79 | 100 | 80 | 179 | 79 | 100 |
| 3 | 70 | 54 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 913 | 0 | 410 | 63 | 82 | 36 | 177 | 63 | 79 |
| 6 | 880 | 79 | 179 | 80 | 100 | 79 | 179 | 80 | 100 |
| 7 | 1018 | 102 | 31 | 156 | 209 | 0 | 251 | 115 | 150 |
| 8 | 333 | 0 | 94 | 0 | 3 | 0 | 133 | 43 | 59 |

**AREAS TREATED BY REGENERATION METHOD**

| Method No. | Regeneration method: | Area treated (ha) | No. of plants ('000s) |
|---|---|---|---|
| 1 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 1759 | 0 |
| 2 | Scarifier: racine nue | 1246 | 1496 |
| 3 | Scarifier: conteneurs | 1087 | 1632 |

VOLUME AND COST SUMMARY

| | Discounted costs and revenues | | | Actual costs and revenues | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Volume m**3 | Value ($) | ($/m**3) | Volume m**3 | Value ($) | ($/m**3) |
| Capital cost* | | 4734400.00 | 6.022 | | 4734400.00 | 6.022 |
| Operating costs: | | | | | | |
| Logging** | 786190 | 11662290.00 | 14.834 | 786190 | 11662290.00 | 14.834 |
| Inventory*** | | 4682.96 | 0.006 | | 4682.96 | 0.006 |
| Sub-total | 786190 | 11666973.00 | 14.840 | 786190 | 11666973.00 | 14.840 |
| Regeneration | 4094~ | 3089374.75 | 3.930 | 4094~ | 3089374.75 | 3.930 |
| Limit-wood total | 786190 | 19490748.00 | 24.791 | 786190 | 19490748.00 | 24.791 |
| Purchased wood | 300000 | 9600000.00 | 32.000 | 300000 | 9600000.00 | 32.000 |
| Total production | 1086190 | 29090748.00 | 26.782 | 1086190 | 29090748.00 | 26.782 |
| Less sales | 19190 | 786790.00 | 41.000 | 19190 | 786790.00 | 41.000 |
| Total mill supply | 1067000 | 28303958.00 | 26.527 | 1067000 | 28303958.00 | 26.527 |

~ Area harvested and regenerated in ha

* Interest on capital invested in machines plus depreciation. This item is charged against each machine regardless or not of whether it is scheduled for operation. The cost in $/m**3 is obtained by dividing the total capital cost by the volume of wood produced on limits

** Does not include interest on capital

*** Inventory cost in $/m**3 is obtained by dividing the total inventory cost by the volume of limit wood. The charge is applied to limit wood only

Interest rate for discounting = 0.000% per year

Job No. 1 Run No. 1

STORE INVENTORIES

| Store | Total inventory cost ($) | | Maximum inventory (m**3) | Initial inventory (m**3) | Inventory (m**3) at end of period: | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | discounted | actual | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 400000 | 400000 | 373861 | 295000 | 235000 | 160000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 |
| 2 | 0.00 | 0.00 | 240000 | 240000 | 213064 | 177065 | 161065 | 141065 | 121999 | 86000 | 70000 | 50000 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 280000 | 280000 | 280000 | 194920 | 181671 | 164610 | 157125 | 120410 | 107161 | 90600 |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 440000 | 440000 | 407931 | 370719 | 329045 | 274545 | 260465 | 184494 | 150043 | 105980 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 300000 | 300000 | 300000 | 285898 | 285898 | 285397 | 285397 | 265399 | 258917 | 250000 |
| 16 | 525.00 | 525.00 | 500 | 0 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 | 0 |
| 17 | 525.00 | 525.00 | 500 | 0 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 | 0 |
| 18 | 525.00 | 525.00 | 500 | 0 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 | 500 | 0 | 0 |
| 22 | 1892.00 | 1892.00 | 10000 | 2400 | 2400 | 0 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0.00 | 0.00 | -999 | 10000 | 0 | 29232 | 62074 | 102995 | 111545 | 58708 | 32615 | 0 |
| 24 | 0.00 | 0.00 | -999 | 2500 | 3489 | 1054 | 2860 | 5344 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0.00 | 0.00 | -999 | 750 | 2621 | 6129 | 5303 | 4210 | 3728 | 2399 | 1574 | 480 |

Job No. 1 Run No. 1

MACHINE ALLOCATION

| Activity | No. of machines in period: | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 Achat de l'épinette | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 Brûl. de rém.: rég. nat. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 Scarifier: conteneurs | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 4 Scarifier: racine nue | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 Brûl. de rém.: rég. nat. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 Scarifier: conteneurs | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 8 Scarifier: racine nue | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 9 Abatteuse-ébrancheuse | 10 | 5 | 6 | 6 | 8 | 5 | 6 | 6 |
| 10 Abatteuse-groupeuse | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 11 Abatteuse-ébrancheuse | 0 | 6 | 5 | 5 | 3 | 6 | 5 | 5 |
| 12 Abatteuse-groupeuse | 10 | 5 | 12 | 13 | 5 | 9 | 10 | 10 |
| 14 Abatteuse-ébrancheuse | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| 15 Transporteur (AE) | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 16 Transporteur (AE) | 8 | 3 | 9 | 8 | 4 | 6 | 8 | 6 |
| 17 Transporteur (AE) | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 18 Transporteur (FE) | 6 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 19 Transporteur (FE) | 0 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 21 Ébrancheuse | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 22 Ébrancheuse | 5 | 3 | 6 | 6 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| 23 Ébrancheuse | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 24 Camion - épinette | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 25 Camion - pin gris | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 26 Camion - peuplier | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 27 Camion - épinette | 1 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 28 Camion - pin gris | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 29 Camion - peuplier | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 30 Camion - épinette | 5 | 2 | 5 | 5 | 2 | 4 | 5 | 5 |
| 31 Camion - pin gris | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 32 Camion - épinette | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 |
| 33 Vente: billes de pin | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 34 Dem. (usine): épinette | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 35 Dem. (usine): pin gris | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 36 Dem. (usine): peuplier | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Job No. 1 Run No. 1

MACHINE-SHIFT REQUIREMENTS

| Activity | No. of machine-shifts in period: | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 Achat de l'épinette | 17.4 | 52.6 | 40.0 | 50.0 | 40.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 Brûl. de rém.: rég. nat. | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.2 |
| 3 Scarifier: conteneurs | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 Scarifier: racine nue | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 6 Brûl. de rém.: rég. nat. | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.3 |
| 7 Scarifier: conteneurs | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 8 Scarifier: racine nue | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 9 Abatteuse-ébrancheuse | 400.0 | 437.4 | 213.8 | 267.3 | 283.1 | 437.4 | 213.8 | 267.3 |
| 10 Abatteuse-groupeuse | 0.0 | 456.5 | 0.0 | 5.1 | 0.0 | 4.7 | 0.0 | 0.0 |
| 11 Abatteuse-ébrancheuse | 0.0 | 462.6 | 186.2 | 232.7 | 116.9 | 462.6 | 186.2 | 232.7 |
| 12 Abatteuse-groupeuse | 395.9 | 375.9 | 463.0 | 605.6 | 173.8 | 767.4 | 382.8 | 489.6 |
| 14 Abatteuse-ébrancheuse | 0.0 | 162.3 | 0.0 | 6.3 | 0.0 | 230.2 | 82.1 | 112.9 |
| 15 Transporteur (AE) | 0.0 | 317.5 | 0.0 | 3.5 | 0.0 | 3.2 | 0.0 | 0.0 |
| 16 Transporteur (AE) | 296.9 | 229.7 | 343.0 | 367.0 | 130.4 | 469.0 | 283.5 | 296.7 |
| 17 Transporteur (AE) | 0.0 | 96.7 | 0.0 | 3.7 | 0.0 | 137.2 | 59.3 | 66.7 |
| 18 Transporteur (FE) | 207.8 | 185.2 | 109.7 | 112.2 | 147.1 | 185.2 | 109.7 | 112.2 |
| 19 Transporteur (FE) | 0.0 | 196.1 | 95.7 | 97.8 | 60.8 | 196.1 | 95.7 | 97.8 |
| 21 Ébrancheuse | 0.0 | 251.8 | 2.6 | 0.0 | 2.6 | 0.0 | 2.6 | 0.0 |
| 22 Ébrancheuse | 178.2 | 204.0 | 234.3 | 300.0 | 81.0 | 419.3 | 194.2 | 244.8 |
| 23 Ébrancheuse | 0.0 | 84.2 | 3.1 | 0.0 | 3.1 | 120.7 | 43.2 | 55.2 |
| 24 Camion - épinette | 78.0 | 87.6 | 38.9 | 48.7 | 51.5 | 87.6 | 38.9 | 48.7 |
| 25 Camion - pin gris | 39.0 | 43.8 | 19.5 | 24.3 | 25.8 | 43.8 | 19.5 | 24.3 |
| 26 Camion - peuplier | 58.5 | 65.7 | 29.2 | 36.5 | 38.7 | 65.7 | 29.2 | 36.5 |
| 27 Camion - épinette | 11.2 | 386.5 | 62.8 | 75.7 | 40.5 | 165.5 | 62.8 | 75.7 |
| 28 Camion - pin gris | 2.2 | 77.3 | 12.6 | 15.1 | 8.1 | 33.1 | 12.6 | 15.1 |
| 29 Camion - peuplier | 1.5 | 51.5 | 8.4 | 10.1 | 5.4 | 22.1 | 8.4 | 10.1 |
| 30 Camion - épinette | 182.2 | 169.3 | 194.4 | 249.0 | 74.7 | 347.9 | 161.1 | 203.1 |
| 31 Camion - pin gris | 60.7 | 56.4 | 64.8 | 83.0 | 24.9 | 116.0 | 53.7 | 67.7 |
| 32 Camion - épinette | 0.0 | 150.0 | 4.7 | 0.0 | 0.0 | 187.4 | 65.4 | 83.6 |
| 33 Vente: billes de pin | 5.8 | 7.2 | 3.2 | 4.0 | 3.8 | 7.2 | 3.2 | 4.0 |
| 34 Dem. (usine): épinette | 40.0 | 90.0 | 40.0 | 50.0 | 40.0 | 90.0 | 40.0 | 50.0 |
| 35 Dem. (usine): pin gris | 40.0 | 90.0 | 40.0 | 50.0 | 40.0 | 90.0 | 40.0 | 50.0 |
| 36 Dem. (usine): peuplier | 40.0 | 90.0 | 40.0 | 50.0 | 40.0 | 90.0 | 40.0 | 50.0 |

Job No. 1 Run No. 1

STORE GROUP INVENTORIES

| Group No. | Description: | No. of stores | Maximum inventory (m**3) | Inventory in period: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | FE au bord de la route | 4 | 10000 | 2400 | 0 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 0 |

Job No. 1 Run No. 1

SORTING ACTIVITIES

| Group No. | Store emptied | Description: | Activities | Percentage of total production: Prescribed Minimum | Prescribed Maximum | Scheduled |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19 | Transporteur (FE) | 24 | 40 | 40 | 40.00 |
| | | | 25 | 20 | 30 | 20.00 |
| | | | 26 | 30 | 30 | 30.00 |
| | | | 33 | 0 | 10 | 10.00 |
| 1 | 20 | Transporteur (FE) | 27 | 75 | 75 | 75.00 |
| | | | 28 | 15 | 15 | 15.00 |
| | | | 29 | 10 | 10 | 10.00 |
| 1 | 21 | Ébrancheuse | 30 | 75 | 75 | 75.00 |
| | | | 31 | 25 | 25 | 25.00 |

Job No. 1 Run No. 1

ACTIVITY GROUP PRODUCTION

| Group No. | Description: | Total Prodn. (*) | Production (*) in period: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Brûl. de rém.: rég. nat. | 1760 | 160 | 360 | 160 | 200 | 160 | 360 | 160 | 200 |
| | | ( 0.5) | ( 0.5) | ( 0.5) | ( 0.5) | ( 0.5) | ( 0.5) | ( 0.5) | ( 0.5) | ( 0.5) |
| 2 | Abatteuses-groupeuses | 433884 | 32069 | 100179 | 41674 | 55500 | 14080 | 96470 | 40932 | 52981 |
| | | ( 76.5) | ( 70.7) | ( 78.9) | ( 82.7) | ( 88.1) | ( 31.0) | ( 79.5) | ( 83.0) | ( 86.1) |
| 3 | Abatteuses-ébrancheuses | 329536 | 26936 | 72215 | 29249 | 36561 | 26550 | 72215 | 29249 | 36561 |
| | | (100.0) | (100.0) | (100.0) | (100.0) | (100.0) | (100.0) | (100.0) | (100.0) | (100.0) |
| 4 | Transporteur | 763420 | 59005 | 172394 | 70923 | 92061 | 40630 | 168685 | 70181 | 89541 |
| | | ( 83.0) | ( 90.1) | ( 81.4) | ( 97.9) | ( 83.5) | ( 60.4) | ( 78.6) | ( 97.9) | ( 81.9) |
| 5 | Ébrancheuse | 433884 | 32069 | 98679 | 43174 | 54000 | 15580 | 94970 | 42432 | 52981 |
| | | ( 91.9) | ( 74.2) | (100.0) | (100.0) | (100.0) | ( 36.1) | (100.0) | (100.0) | (100.0) |
| 6 | Camion - FE | 754230 | 63721 | 169694 | 70823 | 88561 | 39724 | 164085 | 70081 | 87541 |
| | | ( 68.9) | ( 67.7) | ( 75.6) | ( 68.0) | ( 67.8) | ( 42.1) | ( 74.2) | ( 70.6) | ( 70.6) |

* ha for regeneration groups; m**3 for other groups.
(values in parentheses are percent utilization of the machines assigned to the group)